

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

С. І. БУХКАЛО

# **ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ПРИКЛАДАХ І ЗАДАЧАХ (ПРИКЛАДИ ТА ТЕСТИ З ТЕХНОЛОГІЇ КРОХМАЛЮ)**

ПІДРУЧНИК

*2-ге видання перероблене*

*Затверджено*

*Міністерством освіти і науки України*

*як підручник для студентів*

*вищих навчальних закладів*



КИЇВ—2019

УДК 664(075.8)

ББК 36.81я73

Б 94

*Гриф надано  
Міністерством освіти і науки України*

*Лист №1/11–10708 від 23.11.10 р.*

**Рецензенти:**

**В.М. Михайлов** – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи ХДУХТ;

**Л.В. Кінтела** – доктор технічних наук, професор кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв ХДУХТ;

**І.М. Демідов** – доктор технічних наук, завідувач лабораторії ДХЖОЖВ Українського НДІ олій та жирів Української академії аграрних наук

**Бухкало С. І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю).**

**Б 94** 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник. / С. І. Бухкало – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 108 с.

ISBN 978-617-673-424-6

Викладено основи комплексних інноваційних заходів для загальної технології харчової промисловості за основними положеннями болонської системи навчання з урахуванням теплофізичних, фізико-хімічних, біохімічних та технологічних закономірностей на прикладі інтеграції теплообмінних систем. Подані характеристики надають розширену можливість ознайомлення зі складовими курсового та дипломного проектування. Приведені основні розрахункові формули для інноваційних енергоефективних заходів, основні характеристики сировини і допоміжних матеріалів, можливі зниження витрат і відходів при виробництві, а також формули, що необхідні для розв'язання прикладів, тестів і контрольних задач. Розглянуті питання особливостей сучасного виробництва крохмалю, модифікованих крохмалів та кондитерських виробів з використанням крохмалів та пектинів за різновидами асортименту у якості сировини або допоміжних матеріалів для отримання заданого цільового продукту. Невід'ємною складовою підручника є науково-обґрунтоване визначення ієрархії процесів представлених систем технологій, визначення інновацій через системний підхід до теоретичних основ методів та операцій виробництва, наведені приклади, задачі й тестові завдання з курсу з метою розвитку практичних навичок самостійного розв'язку різноманітних науково-виробничих завдань.

Призначено для студентів харчових і хіміко-технологічних спеціальностей технічних вищих навчальних закладів, викладачів, інженерно-технічних та наукових працівників.

Іл. 34. Табл. 65. Бібліогр. 65.

ISBN 978-617-673-424-6

УДК 664(075.8)

ББК 36.81я73

© Бухкало С.І., 2019

## ПЕРЕДМОВА

Відмінною особливістю навчання студентів 3 та 4 курсів за дисципліною «Загальна технологія харчової промисловості» за спеціальністю «Харчові технології», спеціалізації «Технологія жирів, жирозамінників і ефірних масел» і «Технологія продуктів бродіння і виноробства» є, перш за все, його комплексний характер, оскільки сумісно розглядаються різновиди представлених матеріалів навчальних занять: теоретичні питання курсу, на яких засновані лабораторні та розрахункові роботи, багатоваріантні тестові завдання у вигляді задач з основних тем курсу, індивідуальні та контрольні завдання, комплексне курсове проектування за різновидами інноваційних розробок.

Аналіз сучасного стану харчових галузей визначає необхідність проведення наукових досліджень, що забезпечать комплексне та ефективне використання сировинних компонентів, поліпшення якості харчових продуктів та зниження їх собівартості. Одним із основних шляхів позитивних зрушень у цьому напрямі є відповідне наукове забезпечення інноваційного розвитку харчових галузей, що має на меті створення ресурсо- та енергоощадних технологій й високопродуктивного обладнання для виробництва конкурентоспроможних харчових продуктів високої біологічної цінності на основі фундаментальних досліджень фізико-хімічних властивостей харчової сировини, біохімічних і технологічних процесів її комплексної поглибленої переробки.

Інноваційний розвиток харчової промисловості можна назвати єдиним реальним напрямком на шляху до повного забезпечення населення України безпечними та якісними харчовими продуктами згідно з науково-обґрунтованими нормами споживання, а також до досягнення належної конкурентоспроможності вітчизняної харчової продукції на світовому ринку. Сьогодні інноваційний потенціал галузі, тобто спроможність харчових підприємств впроваджувати результати наукових досліджень та новітні розробки усіх рівнів, зростає динамічніше, ніж в інших сферах економічної діяльності. тому важливо у повній мірі скористатися можливостями інтенсифікації інноваційної діяльності як в інтересах розвитку харчової промисловості, так і для інтенсифікації науково-дослідної та проектно-конструкторської діяльності у рамках відповідних інновацій.

У підручниках та навчальних посібниках виданих в НТУ «ХП» за вищевказаною дисципліною, використовуються методологічні основи системного підходу до вивчення складних технологічних систем основних виробництв харчової промисловості за основними положеннями болонської системи навчання. Також приведені, наприклад, основні положення для складання та аналізу кінетичних моделей хімічних реакцій, апарати для їх проведення; розглянуто математичне моделювання хімічних реакторів з різною структурою потоків та принципи їх вибору.

Таким чином, при застосуванні комплексних навчальних занять відбувається формування і розвиток у студентів професійних компетенцій, що дозволяють їм виконувати інженерно-дослідну роботу з конкретними технологічними процесами. Для представленого матеріалу характерна різноманітність тем і завдань, які відповідають основним розділам курсу «Загальна технологія харчової промисловості» з включенням розділів «Класифікація основних закономірностей харчової технології» та «Основні характеристики комплексних проектів інноваційного промислового підприємства», що розширює можливості підготовки бакалаврів.

При виконанні індивідуальних завдань, лабораторних робіт студенти закріплюють знання, отримані при вивченні теоретичного матеріалу, вивчають на практиці вплив технологічного режиму на ефективність досліджуваного процесу, поглиблюють знання про нього, удосконалюються в методах обробки результатів експериментальних досліджень, в тому числі із застосуванням обчислювальної техніки, що відповідає вимогам болонської системи навчання.

В підручнику наведені деякі необхідні теоретичні основи інженерної реології, основні структурно-механічні властивості харчових продуктів, приладова техніка для виміру структурно-механічних властивостей продуктів, основи гідродинамічних розрахунків трубопровідного транспорту й виробничого устаткування, а також питання для контролю, регулювання й керування якістю сировини й готовою продукцією.

Керівництво технологічними процесами виробництва виробів у харчових галузях різного напрямку на основі контролю та регулювання входить до обов'язків інженера-технолога. Такі вимоги визначають необхідність виконання студентами лабораторного практикуму і є важливим етапом навчання. При виконання завдань лабораторного практикуму у студентів формується здатність творчого підходу до оцінки розроблених технологій, вибору шляхів подальшого удосконалення технологічних процесів для підвищення економічної ефективності виробництва і покращання якості продукції.

У представлених лабораторних роботах наведені короткі теоретичні відомості з хімічного складу сировини та продуктів, технології виробництва, методів аналізу й дослідження їх властивостей, а також аналіз отриманих результатів. До кожної теоретичної теми передбачено декілька експериментальних робіт, більшість з яких мають дослідницький характер. У кожній роботі при оформленні звіту студент повинен вказати мету дослідження, прилади, матеріали та реактиви, логіко-структурний алгоритм виконання роботи та відповісти на теоретичні питання, пов'язані з практикою її виконання, метрологією, а також з оформленням, обробкою та аналізом одержаних результатів у вигляді висновків.

## ВСТУП

Виробництво продуктів харчування своїм корінням виходить з глибини століть, і завжди було покликано задовольняти найважливішу для людини потребу в їжі. Це одна з найбільш древніх і великомасштабних галузей природокористування, яка створює високі й безперервно зростаючі навантаження на біосферу. Україна за своїми природно-кліматичними умовами та науково-технічним потенціалом здатна не тільки задовольнити запити свого народу у високоякісних продуктах харчування, а й експортувати їх в інші країни світу. Українські вчені й практики вносять величезний вклад у розвиток технології харчових продуктів, розширення асортименту і поліпшення якості продукції.

До складу харчової промисловості України входять харчосмакова, м'ясна, молочна, рибна промисловість. Самостійну групу галузей становить борошномельно-круп'яна та комбікормова промисловість. Харчосмакова промисловість об'єднує групу спеціалізованих підгалузей з виробництва продовольчих товарів переважно із сировини рослинного походження. Це – цукрова, олійножирова, хлібопекарна, виноробна, спиртова, лікеро-горілчана, пивобезалкогольна, кондитерська, макаронна, плодоовочева, дріжджова, крохмале-патокова, соляна, парфумерно-косметична, тютюнова, чайна, харчоконцентратна підгалузі та деякі інші виробництва. Невід'ємною частиною науково-технічного прогресу є підвищення якості та біологічної цінності харчових продуктів. У цьому велика роль належить технологіям виробництва харчових продуктів і процесам переробки сільськогосподарської сировини. Вони базуються на сучасних методах матеріальних розрахунків, зниженні витрат і відходів тощо. Створення нових технологій є рушійною силою в галузі, сприяє створенню більш досконалої технологічної бази, правильному обґрунтуванню процесів. Крім того, в сучасних умовах відбувається інтеграція окремих галузей сільськогосподарського виробництва та галузей, що переробляють сільськогосподарську сировину. Враховуючи вищезначене, зростає роль курсу «Харчові технології» у підготовці фахівців напрямку інженерів-технологів. Об'єктами вивчення дисципліни є сировина, напівфабрикати, готові харчові продукти, процеси (біохімічні, мікробіологічні, хімічні, теплофізичні, гідродинамічні та інші) й апарати, в яких вони відбуваються, а також підприємства харчової промисловості. Предметом дисципліни є технологія харчових продуктів як прикладна наука, що швидко розвивається, має предмет дослідження – виробництво харчових продуктів; ціль дослідження – створення високоефективних систем; основні методи дослідження спираються на закономірності фундаментальних наук: фізики, хімії, біохімії, мікробіології, механіки, теплофізики й інші, та системний аналіз технологічних схем.

Будівництво і реконструкція промислових підприємств пов'язані з попереднім виконанням перш за все технологічних розрахунків, основою для яких є розрахунок продуктів виробництва – визначення кількості сировини і напівфабрикатів, потрібних для виготовлення заданої кількості кінцевого продукту виробництва. Ці дані поряд з техніко-економічними і енергетичними є вихідними для розрахунку потрібного обладнання, для визначення площі цехів, складських приміщень, вибору транспортних засобів (насосів, компресорів, трубопроводів). У підручнику наведені розрахунки продуктів виробництва борошна, хліба і хлібобулочних виробів, молочних продуктів, допоміжної сировини, м'ясопродуктів і тваринних жирів; консервів і продуктів бродильних виробництв, в основі яких закладені сучасні технологічні схеми. До кожної теми приведені теоретичні відомості, основні розрахункові формули і методичні вказівки до розв'язання типових задач. Кожна тема самостійна, порядок вивчення тем може вибиратись викладачем довільно. Особлива увага приділяється питанням аналізу сировини, розрахункам виробничих рецептур, нормалізації молока, розрахункам виробництва вершкового масла і сиру. При написанні цього посібника автори прагнули показати загальні закономірності побудови технологічних процесів харчових виробництв, взаємозв'язок процесів, обладнання і систем управління.

Головним пріоритетом зовнішньоекономічної діяльності харчової промисловості є поступова інтеграція у світову економіку, нарощування та ефективне використання експортного потенціалу, забезпечення позитивного зовнішньоторговельного сальдо, забезпечення захищеності внутрішнього продовольчого ринку, виходячи з інтересів держави. Переважна частина іноземних інвестицій в економіку України сконцентрована у виробництві безалкогольних напоїв, пива, олійножирової продукції, кондитерських виробів. За даними Мінагрополітики в Україні постійно збільшується кількість підприємств, які отримали право експорту на світові ринки харчових продуктів тваринного походження. В цілому харчова промисловість є привабливою для інвестицій, про що свідчать розраховані показники ліквідності, фінансової стійкості та рентабельності. На підприємствах харчової промисловості інвестиційна активність повинна бути спрямована на забезпечення випуску продукції, що буде високорентабельною; організацію пошуку шляхів збільшення виробництва і реалізації продукції; впровадження нових технологій, техніки, а також механізмів фінансування інноваційної діяльності: 1) Створення системи моніторингу потреб населення для максимально можливого його задоволення у якісних харчових продуктах, своєчасного виявлення нових трендів та інноваційних технологій. 2) Дієва кадрова політика у сфері інвестиційної діяльності та ін. У цілому обсяг книги не дає можливості повністю висвітлити всі технологічні процеси виробництва харчових продуктів, повною мірою розкрити хімізм і механізм біохімічних перетворень. Тому в кінці підручника наведено бібліографічний список літератури, що дасть можливість студентам і фахівцям глибше і ширше вивчити питання харчових технологій, які їх цікавлять.

Автори висловлюють подяку рецензентам професорам В.М. Михайлову, І.М. Демідову, Л.В. Кіптелій за корисні поради й зауваження по змісту підручника, із вдячністю приймуть всі зауваження по книзі, які просять направляти у видавництво за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП», кафедра Інтегрованих технологій, процесів та апаратів, професор Бухало С.І.

# ГЛАВА 1. КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ КРОХМАЛЮ

## 1.1. Загальні відомості з теми

Крохмаль має формулу  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , з нього одержують продукти, які широко використовують при виготовленні кондитерських виробів, глюкози, модифікованих крохмалів, патоки. Нами приведені сфери використання крохмалю в самій харчовій промисловості. Однак, крохмаль знайшов застосування й в інших галузях народного господарства: у текстильній, паперовій і ряді інших. Крохмаль знаходить застосування в лабораторній практиці як індикатор у йодометричних аналізах.

Крохмаль утримується в клітинах рослинних тканин у вигляді крохмальних зерен різної форми. При одержанні сирого крохмалю основною метою є добування цих зерен і їхнє очищення від забруднень. Для цього руйнують клітинні стінки рослинної сировини, що часто досягається механічним впливом (є й інші види впливу, наприклад тепловий).

В спектральній характеристиці нативних і модифікованих крохмалів дослідниками виявлені загальні порівняльні тенденції за наявності та формою піків інфрачервоних кривих (рис. 1.1).

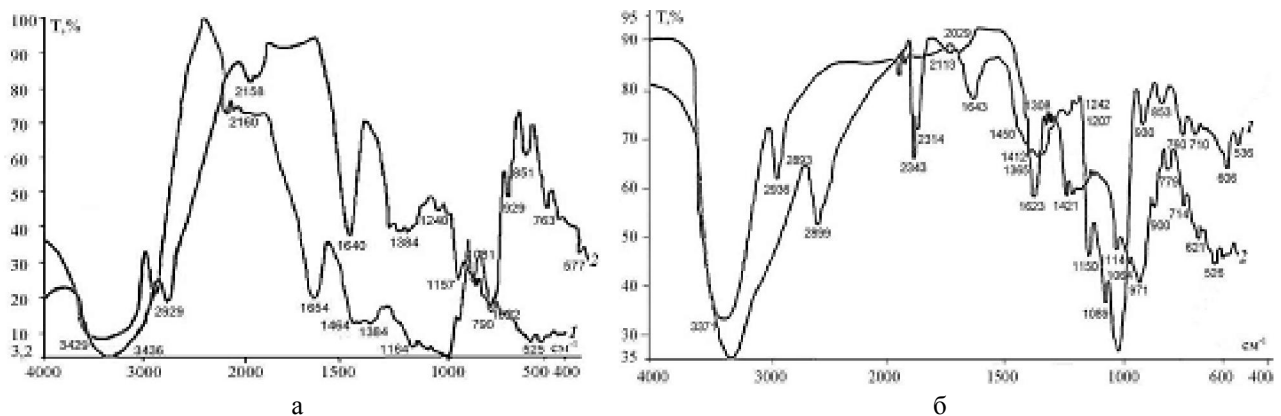


Рис. 1.1. ІЧ-спектри крохмалів: а – картопляного, 1 – нативного, 2 – екструзійного; б – кукурудзяного, 1 – нативного, 2 – екструзійного

Відмінності в спектрах, за висновками дослідників для окремих видів крохмалів і амілози визначаються специфічними способами виробництва крохмалю та виділення їх складових, а також зміною в структурі нових ботанічних сортів вихідного рослинної сировини.

В ході екструзії борошна, крохмалю, або також сумішей різних крохмалів змін функціонального складу полісахаридів не відбувається – спостерігається перерозподіл системи водневих зв'язків ОН-груп, при цьому загальна кількість і міцність цих зв'язків в модифікованих полісахаридах зменшується, що пов'язано з протіканням реакцій деструкції полісахариду при його екструзії.

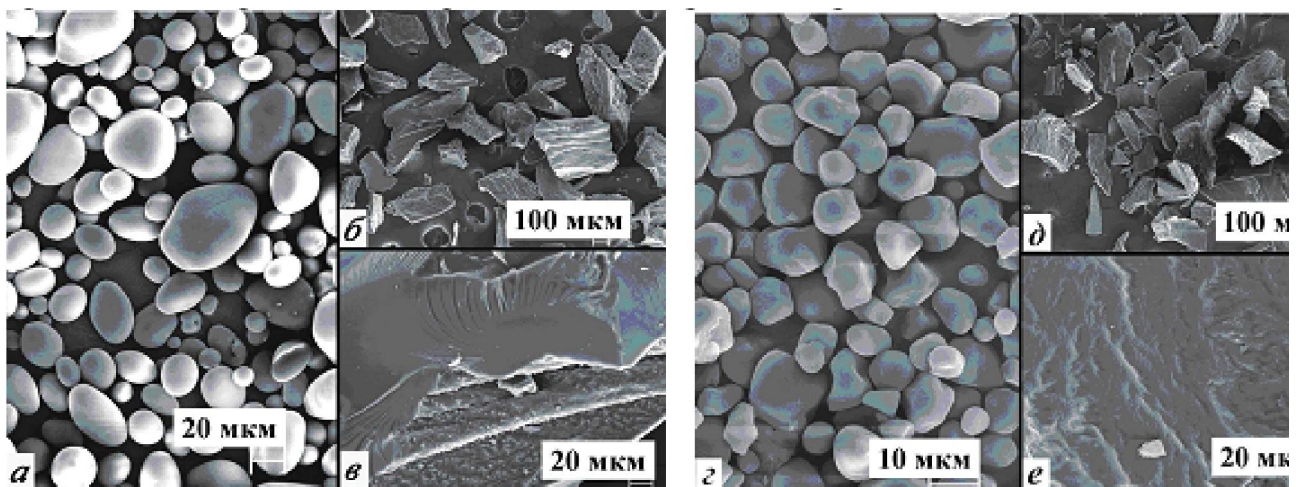


Рис. 1.2. Морфологічна структура крохмалів. Картопляного: а – нативного, б – екструзійного; в – поверхня часток екструзійного крохмалю. Кукурудзяного: а – нативного, б – екструзійного, в – поверхня часток екструзійного крохмалю

Науково доказано, що морфологічна (табл. 1.1) і фазова (табл. 1.2, рис. 1.2) структура залежить від виду рослинної крохмалеутримуючої сировини і від її сортової визначеності.

Таблиця 1.1. Морфологічна характеристика нативних крохмалів різновидів ботанічного походження

Нативні крохмалі	Параметри			
	Середнє, мкм	min–max, мкм	Розподіл гранул за розмірами	Форма гранул
Картопляний	21,7 ± 2,36	7,7–60,0	Бімодальний	Неправильна овальна
Кукурудзяний	9,8 ± 0,42	3,6–19,2	Мономодальний	Неправильна багатогранна
Ржаний	21,2 ± 2,36	4,9–42,8	Тримодальний	Овальна і округла
Пшеничний	12,4 ± 1,9	2,8–27,1	Бімодальний	Правильна овальна і округла
Трітікалевий	13,2 ± 1,75	4,0–30,7	Бімодальний	Правильна овальна і округла
Сорговий	11,0 ± 0,76	3,5–21,7	Мономодальний	Овальна і багатогранна
Ячмінний	10,9 ± 1,15	3,0–21,4	Мономодальний	Овальна і округла
Рисовий	5,3 ± 0,29	2,7–7,9	Тримодальний	Неправильна овальна
Вівсяний	7,4 ± 0,87	4,0–14,9	Мономодальний	Неправильна округла
Гороховий	20,4 ± 2,57	6,1–32,3	Мономодальний	Неправильна овальна
Нуговий	14,8 ± 0,93	6,0–25,6	Мономодальний	Правильна овальна
Амарантовий	1,1 ± 0,04	0,5–1,5	Мономодальний	Багатогранна
Тапіоковий	10,6 ± 0,5	2,8–31,2	Бімодальний	Неправильна округла

Особливості фазової структури крохмалів (табл. 1.2) визначали за показниками: відносна ступінь кристалічності, % –  $X$ ; відносна ступінь аморфності, % –  $a_k$ ; коефіцієнт спорідненості до хімічного модифікуючого фактору  $k_x = a_k / a_{k\max}$ .

Таблиця 1.2. Особливості фазової структури крохмалів

Показники	$X$ , %	$a_k$ , %	$k_x = a_k / a_{k\max}$
Зерновий крохмаль			
Кукурудзяний	20,0	80,0	0,986
Пшеничний	36,4	63,6	0,784
Ржаний	27,5	72,5	0,894
Трітікалевий	28,6	71,4	0,880
Ячмінний	18,9	81,1 ( $a_{k\max}$ )	1,000
Рисовий	39,6	60,4	0,745
Сорговий	35,0	65,0	0,801
Зерно-бобовий крохмаль			
Нуговий	22,8	77,2	0,952
Гороховий	18,9	81,1 ( $a_{k\max}$ )	1,000
Бульбовий крохмаль			
Тапіоковий	39,4		
Картопляний	35,0		
Сорти картоплі української селекції			
Дзвін	38,8		
Лелека	37,2		
Сорти картоплі білоруської селекції			
Лазуріт	41,8	58,2	0,894
Скарб	42,9	81,1 ( $a_{k\max}$ )	1,000
Сорти картоплі німецької селекції			
Albatros	37,5	62,5	0,960
Kormoran	37,9	62,1	0,954
Kranich	37,6	62,4	0,959
Sonate	34,9	65,1 ( $a_{k\max}$ )	1,000

Крохмаль легко змінює фізико-хімічні властивості під дією теплової обробки, хімічних реагентів, амілолітичних ферментів. Ці процеси супроводжуються деструкцією полімерних молекул крохмалю, що складаються з амілози й амілопектину. На основі цих процесів одержують модифіковані крохмалі й інші крохмалопродукти: патока, декстрини, глюкоза.

При нагріванні у воді зерна крохмалю руйнуються з утворенням клейстеру. Клейстеризація крохмалю – складний процес, що йде в три основні стадії. Спочатку крохмальні зерна набухають, приєднуючи невелику кількість води. При підвищенні температури приєднується велика кількість води, що супроводжується сильним набряканням зерен зі збільшенням їхнього об'єму в сотні разів і підвищенням в'язкості розчину. Ця стадія незворотна. Набрякання крохмалю відбувається внаслідок розриву водневих зв'язків і гідратації макромолекул

полісахаридів. На останній стадії розчинні полісахариди витягуються водою, зерна втрачають форму і перетворюються в мішечки, суспендовані в розчині. Клейстеризація картопляного крохмалю відбувається при температурі 55–68 °С, кукурудзяного – при температурі 64–71 °С.

Розглянуті продукти одержують на спеціалізованих крохмале-патокових виробництвах, оснащених поточковими механізованими лініями. На малих виробництвах продукти виходять низької якості, малі виробництва нерентабельні.

## 1.2. Ієрархія сортових ресурсів різновидів сировини

Для промислового виробництва крохмалю сировиною є картопля, зерна кукурудзи, пшениці, жита, рису, а також виробляють тапіоковий, гороховий, амарантовий, ячмінний, сорговий, трітікалевий, вівсяний крохмалі. Широко використовуються картопля і кукурудза у якості великотонажної сировини виробництва (табл. 1.3).

Таблиця 1.3. Склад крохмалю з картоплі і кукурудзи

Сировина	Вміст, %		Склад сухої речовини, %						
	вологи	сухих речовин	крохмаль	азотисті речовини	клітковина	зола	жир	розчинні вуглеводи	інші
Картопля	75	25	74	8	4	4	0,8	3,2	6
Кукурудза	13	87	70	12	1,8	1,5	6–6,5	3–5	4

Кукурудза в порівнянні з картоплею має кращу транспортабельність і краще зберігається, тому на цій сировині працюють цілий рік. На картоплі – 3–5 місяців у році. З кукурудзи вивільняти крохмаль складніше через особливості будови сировини і великий вміст у ній білка й жиру. Картопляний крохмаль дає більш в'язкі клейстери, тому його споживча вартість вища.

На переробку надходить кукурудза вологістю 13–16 %, картопля 75 %. У складі сухих речовин картоплі знаходяться крохмаль 74 %, кукурудзи – 70 % до маси сухого зерна. Ці види сировини рівноцінні за виходом у перерахуванні на сухі речовини.

При одержанні крохмалю з картоплі (рис. 1.3) технологічний процес складається з таких операцій: миття, здрібнювання, промивання маси водою, а потім пропущення крохмального молочка через сита: мезга залишається на ситі, а воду з крохмалем відстоюють у чанах або розділяють на центрифугі. Одержують сирий крохмаль зі вмістом води в масі 50 %. У такому вигляді сирий крохмаль використовують для виробництва крохмалопродуктів і крупи саго. Для вироблення сухого крохмалю проводять сушіння.



Рис. 1.3. Функціональна схема одержання крохмалю з картоплі

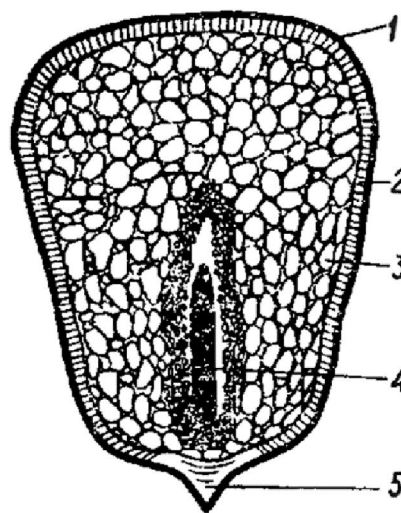


Рис. 1.4. Будова зерна кукурудзи: 1 – перикарпій; 2 – алейоновий шар; 3 – ендосперм; 4 – зародок; 5 – чохлик

Виробництво крохмалю з зернових має особливості. Через більш складну будову зерна крохмалю (рис. 1.4), виділення його з клітин вимагає додаткових операцій: замочування зерна в підкисленій воді (вміст двооксиду сірки 0,15–0,2 %), після чого проводять дроблення, відділення зародка, тонкий розмел крупок. Далі проводять процес аналогічно процесу одержання крохмалю з картоплі.



### 1.3. Інновації через системний підхід

При вологості 13–14 % зерно кукурудзи може зберігатися до двох і більше років. Завдяки цьому кукурудзу можна переробляти цілий рік. Зерна кукурудзи мають зародок, маса якого становить 8–12% від маси зерна, а жирові речовини містяться у зародку.

Метою технології (рис 1.5) є максимальне вивільнення із зерна крохмалю стандартної якості і найбільш ефективний розподіл, використання всіх інших складових частин зерна, тим самим забезпечуючи комплексне використання сировини. Очищене від домішок кукурудзяне зерно надходить у відділення для замочування метою якого є розм'якшення зерна, що дала полегшує відокремлення крохмалю, оболонки та зародка.

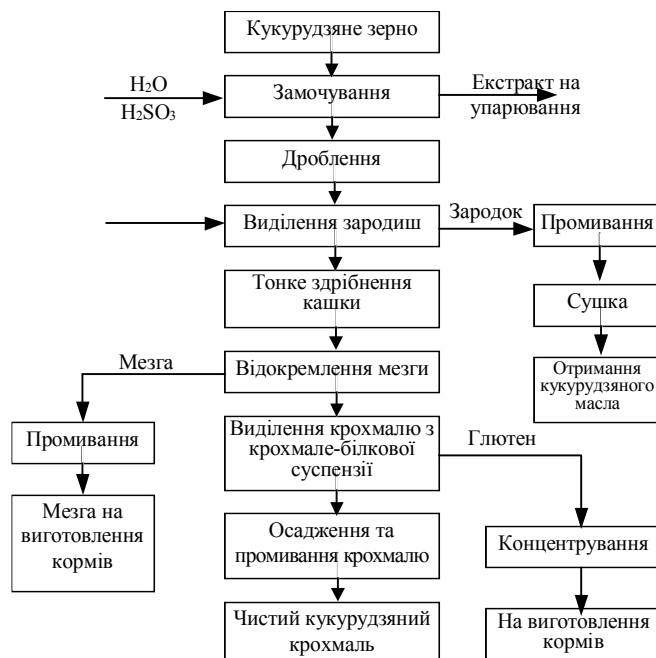


Рис. 1.5. Функціональна схема отримання крохмалю з кукурудзяного зерна.

Замочування зерна – одна з найбільш важливих і складних операцій у виробництві кукурудзяного крохмалю. Її ціль – підготувати зерно для поділу його на складові частини в наступних операціях і добувати з зерна приблизно дві третини розчинних речовин.

Зерно замочується в циліндричних апаратах з конусними днищами. Апарати з'єднані в батарею, у якій процес протікає безупинно. У батареї здійснюється протиток води для замочування зерна, що знаходиться в апаратах. Замочування зерна проводять у підкисленій воді (концентрація 0,2–0,25 % двооксиду сірки), підігрітій до температури 48–50 °С. Тривалість замочування 36–55 годин.

При замочуванні в зерні проходить ряд складних фізико-хімічних і біохімічних процесів, у результаті яких крохмаль в ендоспермі вивільняється від прикріпленого і проміжного білка. Розчинні речовини зерна на дві третини переходять у замочувальну воду, а саме зерно стає м'яким і легко розділяється на складові частини. Унаслідок виведення екстрактивних речовин відносний вміст крохмалю в замоченому зерні зростає на 4–5 % і жиру – на 0,5 %.

Замочене зерно з апарата в суміші з водою насосом подається на дугове сито, де рідина-екстракт відокремлюється і після розпарювання використовується як сировина для медичної і мікробіологічної промисловості або направляється на виробництво сухих кормів.

Зерно після відділення екстракту направляється в бункер перед дробарками. Ціль дроблення – шляхом поділу зерна на 4–5 частин відокремити з нього зародок і виділити якнайбільше крохмалю. Для цього застосовують дискові дробарки. Робочими органами є два диски, один нерухомий (у центр його подається замочене зерно і крохмальне молоко), а другий диск приводиться в обертання. Ступінь дроблення зерна регулюється зазором між дисками. На робочих поверхнях дисків концентрично розташовані ряди виступів у вигляді усічених пірамід, які й дроблять зерно.

Суміш дробленого зерна і крохмального молока з першої дробарки надходить на першу стадію відокремлення зародка, яку проводять на гідроциклонах (рис. 1.6). У гідроциклоні 3 під дією відцентрової сили кашка поділяється на рідку фракцію – зародок і суспензія крохмалю, і важку фракцію – частки зерна, оболонки і частково суспензії крохмалю. Рідка фракція через насадку 2 поступає до камери 1, а важка – через насадку 4 і патрубков 5 – у воронку 6. Для виділення з кашки 90–97 % зародка необхідне послідовне дворазове дроблення і дворазове відділення зародка. Для першого видалення зародку крохмальна суспензія повинна мати концентрацію суспензії крохмалю 12–13 %, тоді частина зародку, яка зв'язана з ендоспермом, попаде у важку фракцію і перейде на дробарку другого здрібнення. Для повного видалення зародку на другій стадії концентрація суспензії має бути 14–15 %. Додатково зародок очищається від залишку кашки на гідроциклоні, на дугових ситах відокремлюється від крохмального молока, 2–3 рази



відмивається від вільного крохмалю зворотною виробничою водою. Потім зародок механічно зневоднюється, висушується і використовується як сировина для одержання з нього кукурудзяної олії. Він містить у перерахуванні на суху речовину 50 % жиру.

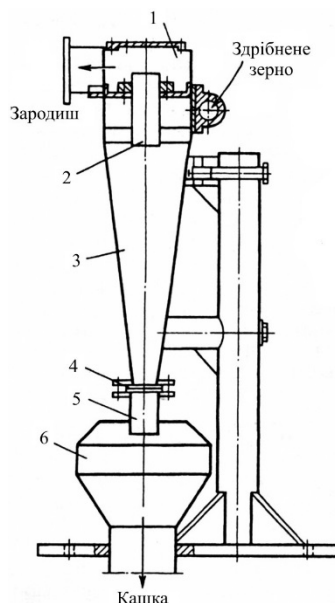


Рис. 1.6. Гідроциклон для видалення зародку

Молоко, відділене при промиванні зародка, додається до замоченої кукурудзи перед дробленням. Кашка після відділення зародка на дугових ситах відокремлюється від першого крохмального молока і надходить на тонке здрібнювання.

Метою тонкого здрібнювання є максимальне вивільнення зв'язаного крохмалю, але при мінімальному здрібнюванні оболонок, де крохмалю порівняно мало. В даний час для цієї мети служать ударні млини, що являють собою дискові подрібнювальні машини, обладнані рухомими і нерухомими пальцями з особливо міцної сталі. Кашка надходить у центр між дисками, відкидається на пальці, піддається могутнім багаторазовим ударам пальців, що і вивільняє зв'язаний крохмаль.

Здрібнена кашка надходить на відділення вільного крохмалю шляхом відмивання його на ситах. Спочатку на дугових ситах відокремлюють крохмальне молоко від мезги, потім мезга відмивається від вільного крохмалю на ряді сит. Промивання мезги здійснюють по протитоківій схемі. Відмита мезга надходить на зневоднювання і виробництво кормів.

Глютен – це частки нерозчинного білка з невеликою кількістю дрібних зерен крохмалю. На кукурудзяно-крохмальних заводах для відділення глютену застосовуються могутні сепараторні станції, де встановлена кілька десятків сепараторів. Глютен після концентрування надходить на механічне зневоднювання і потім на висушування, після чого використовується у виробництві корму або на інші цілі.

Крохмаль, що містить залишки розчинних речовин, надходить для їхнього видалення на промивання. Промивається крохмаль 1–2 рази шляхом розведення його теплою водою (40–45 °C), зневоднювання відбувається на вакуум-фільтрах. Крохмаль сирий, що надходить на подальшу переробку, повинний мати не більш як 0,1 % розчинних речовин, а для виробництва патоки і глюкози в ньому не повинно бути понад 0,01 % розчинного білка.

Крохмальне молоко після відділення глютену ще містить деяку кількість домішок. Тому крохмаль додатково промивають на вакуум-фільтрах. Промитий крохмаль направляють на виробництво сухого крохмалю, крохмальної патоки, кристалічної глюкози, використовують для виготовлення модифікованих крохмалів і декстрину.

Сирий крохмаль має вологість 40–52 %, з якої приблизно 12–15 % вільної і 35–38 % сорбційно-зв'язаної вологи. Вільна волога видаляється механічно – центрифугуванням, інша – сушінням. Висушують крохмаль у сушарках різних систем, використовуючи теплоносії – підігріте повітря. Найбільш поширені пневматичні сушильні установки де забезпечується гарний контакт крохмалю з теплоносієм. Процес сушіння проходить дуже швидко, тому такі установки називають сушарками миттєвої дії.

Крім крохмалю з кукурудзи одержують олію, вона міститься в зародках у кількості 5–6 % до маси сухих речовин. При замочуванні зерна кукурудзи одержують екстракт, який випарюють і направляють на виробництво кормів, антибіотиків, на одержання хлібопекарських пресованих дріжджів. При поділі крохмале-білкової суспензії, крім крохмалю, одержують рідкий срод, що йде на виділення глютену. Жмих кукурудзяний – гарний корм, що складається з мезги і глютену. Таким чином, переробка кукурудзи на крохмаль – приклад організації безвідходного виробництва, коли сировина комплексно використовується.

#### 1.4. Ієрархія систематичної класифікації сортів крохмалю

З картоплі та кукурудзи виробляють модифіковані крохмалі – зі зміненими природними властивостями за рахунок фізичного, хімічного і біохімічного впливу на вихідний крохмаль. Такі крохмалі умовно поділяють на дві групи: розщеплені – отримують шляхом розщеплення полісахаридних ланцюгів кислотою, окислювачами, амілазами, деякими солями і ін.; заміщені – властивості змінені за рахунок приєднання хімічних радикалів або сумісної полімеризації з іншими високомолекулярними з'єднаннями, це прості і складні ефіри або сополімери крохмалю.

Дослідниками розроблено дві технології фізичної модифікації крохмалю і крохмалеутримуючої сировини: методом екструзії без попереднього зволоження і опроміненням прискореними електронами. Екструзія крохмалю є складним багатофакторним процесом і дозволяє, змінюючи параметри процесу, отримати широкий спектр продуктів з різними фізико-хімічними і технологічними властивостями.

Екструзійна обробка крохмалю супроводжується істотним зниженням кількості амінокислот. Проведення екструзії при температурі 140 °С зменшує кількість амінокислот: в картопляному крохмалі на 1,9–48,1%, в тапіоковому – на 6,8–48,5% і в кукурудзяному – на 3,2–72,8%. присутність деяких амінокислот, знайдених в зразках нативних крохмалів, не була відзначена в фізично модифікованих крохмалях. Підвищення температури екструзії знижує якісний і кількісний амінокислотний склад кукурудзяного крохмалю.

Фізично модифіковані екструзійні крохмалі мають гарні органолептичні та мікробіологічні показники і можуть бути основою для розробки цілого ряду продуктів з низьким вмістом білка для дієтичного харчування дітей з генетичними захворюваннями (на целиацію і на фенілкетонурію).

Отримані дослідниками екструзійні крохмалі знайшли застосування в харчовій промисловості (хлібопекарський поліпшувач, стабілізатор майонезу, структуроутворювач і сполучник для напівфабрикатів м'ясних рубаних і картофелепродуктів), також у технічних цілях (основа для поверхневої проклейки паперу, засіб для утворення регулярної впорядкованої структури смоли після отвердіння при виготовленні ДСП, стабілізатора формувальних сумішей в ливарному виробництві, поліпшує добавки будівельних сумішей та ін.).

Фізико-хімічні властивості опроміненого крохмалю не постійні. Через певний час розчинність і кислотність опромінених крохмалів істотно знижуються, отримують крохмалі повністю не розчинні у воді. Найбільш оптимальним способом стабілізації фізико-хімічних властивостей може виявитися контактна сушка на вальцових сушарках або екструзійна обробка опроміненого крохмалю спільно з сухим льодом (тверда форма вуглекислого газу), який додається в кількості 1–3% до маси сухих речовин. Фізично модифіковані крохмалепродукти можуть знайти широке застосування в харчовій промисловості (хлібопекарській, м'ясо-молочній, олійно-жировій та переробної галузі для картоплі), в медицині і в технічних цілях (ливарному виробництві, целюлозно-паперовій галузі, деревообробці).

Розробка сучасних високоефективних технологій виробництва нативного і модифікованих крохмалів, а також інших крохмалеутримуючих продуктів потребує проведення комплексу фізико-хімічних та технологічних досліджень в області клітинного крохмалю, особливостей синтезу і розщеплення крохмалю, характеристик нативного крохмалю залежно від виду крохмалеутримуючої сировини, а також формування органолептичних властивостей харчових продуктів.

Науково-технологічні основи створення високоефективних, екологічно безпечних технологій отримання модифікованих крохмалів і крохмалеутримуючої сировини з використанням фізичних, фізико-хімічних, хімічних, біохімічних та інших факторів для створення нових продуктів за рахунок різновидів модифікації.

#### 1.5. Ієрархія властивостей сортів крохмалю

За якістю картопляний крохмаль поділяють на сорти: екстра, вищий, перший і другий, кукурудзяний крохмаль – на два сорти: вищий і перший. Сорт крохмалю визначають органолептично за такими показниками: колір, люстр (це блиск, характерний для вищих сортів картопляного крохмалю).

За фізико-хімічними показниками визначають кислотність і зольність. Стандарти встановлюють загальні вимоги: вологість картопляного крохмалю 20 %, кукурудзяного 13 %. У харчовому крохмалі неприпустима наявність двооксиду сірки; хрускоту кулінарної проби клейстеру; наявність важких металів.

Крохмаль упаковують у чисті сухі лляні, джутові, або крафт-мішки масою 25, 50, 60 кг; розфасовують у целофанові або поліетиленові пакети по 100–1000 г. Пакети укладають у шухляди.

Зберігають крохмаль у чистих, сухих, добре провітрюваних приміщеннях на стелажах при температурі не вище 10–15 °С і відносній вологості повітря не більш як 70 %, тому що крохмаль гігроскопічний. Сирий кукурудзяний крохмаль, як і картопляний, зберігатися не може і його треба зразу переробляти або висушувати.

Картопляний крохмаль висушується до рівноважної вологості 20 % (він більш гігроскопічний), кукурудзяний – 13 %. Як правило, застосовують пневматичне сушіння. Сухий крохмаль просівають через шовкову сітку № 38–55.

Цінні складові частини зерна кукурудзи – крохмаль, білок і жир – відокремлюються в процесі комплексної переробки і використовуються для виробництва товарної продукції, кормових речовин і кукурудзяної олії. Така технологія є прикладом організації безвідходної системи виробництва – всі елементи сировини використовують для одержання цінних продуктів.

## ГЛАВА 2. КОМПЛЕКСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ

### 2.1. Загальні положення теми та систематична класифікація

Крохмальні полісахариди є лабільними реакційно-здатними сполуками, вони активно взаємодіють з іонами металів, кислотами, лугами, окислювачами, поверхнево-активними речовинами. Це дозволяє модифікувати молекули крохмалю, змінюючи їх нативні властивості: гідрофільність, здатність до клейстеризації і драглеутворення, а також механічні характеристики желе. Одні види модифікації сприяють підвищенню розчинності крохмалю у воді, інші обмежують набухання. Модифіковані крохмалі виробляють за рахунок фізичних, хімічних і біохімічних впливів на похідний крохмаль: модифіковані крохмалі за характером змін поділяють на розщеплені, заміщені, сополімери та ін. (рис. 2.1: 1 – гідролізовані крохмалі кислотами та ферментами; 2 – окиснені крохмалі хімічними реагентами: перекис водню  $H_2O_2$ , калію перманганат  $KMnO_4$ ; калій бромнуватокислий  $KBrO_3$ , калій йоднокислий  $KJO_4$ , хлорновата кислота  $HClO_3$  та інші; 3 – опромінений крохмаль; 4 – декстрини; 5 – складні ефіри, наприклад фосфатні, ацетатні та інші; 6 – прості ефіри – наприклад, карбоксиметил крохмаль; 7 – зшиті крохмалі, наприклад, хлорокисом фосфору, епіхлоргідрин, біфункціональними з'єднаннями).

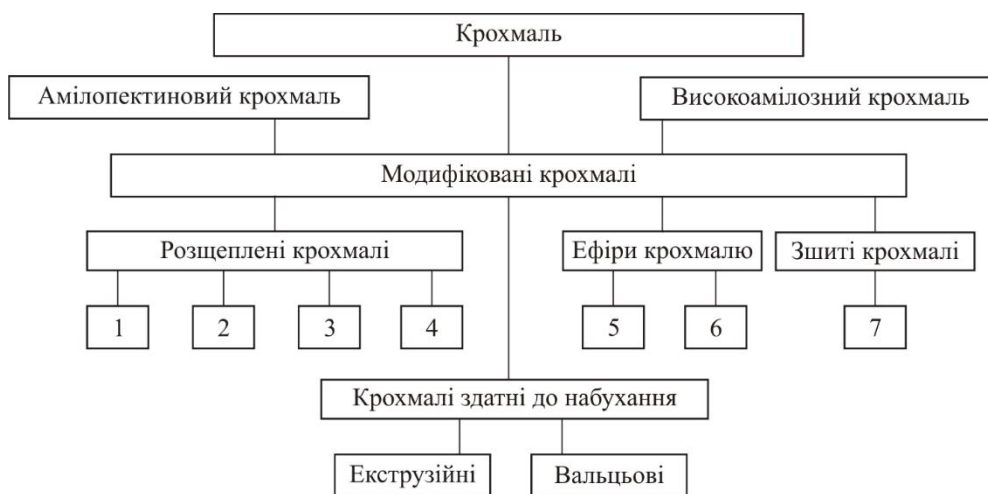


Рис. 2.1. Класифікація промислових модифікованих крохмалів

З заданими властивостями модифікований крохмаль можна отримати за допомогою селекційного відбору сировини або хімічної деструкції за допомогою кислот, лугів, а також в результаті дії фізичних факторів: температури, тиску, механічної оброблення, заморожування, відтавання та ін. Якщо реакція протікає в кислому середовищі, то спостерігаються процеси деструкції, які призводять до отримання ряду продуктів – рідкокиплячого крохмалю (з низькою в'язкістю), патоки, глюкози.

Прикладом дії механічної обробки може служити сухе розщеплення крохмалю вібраційним помелом, при якому поряд з механічним подрібненням крохмальних зерен відбувається процес деструкції молекул. З огляду на вплив, який мають ті чи інші властивості крохмалю на якість харчових продуктів, доцільно застосовувати в цілому ряді виробництв модифіковані крохмалі.

Попередньо оклейстеризований крохмаль отримують шляхом клейстеризації крохмальної суспензії, подальшого висушування у вигляді тонкої плівки на вальцьових сушарках і подрібнення в порошок. Відмінною особливістю цього крохмалю є здатність швидкої регідратації в воді, що дає можливість використовувати його в якості згущувача в харчових продуктах без нагрівання (пудинги, начинки).

Крохмаль, наприклад, модифікований кислотою, отримують шляхом обробки крохмальної суспензії сірчаною кислотою при температурі 25–55 °С (зазвичай при температурах, близьких до початку клейстеризації), час обробки залежить від ступеня в'язкості, яку хочуть отримати, і може складати 6–24 годин. Крохмаль практично не розчиняється в холодній воді, але добре розчинний у киплячій воді. Для нього, по порівнянню з вихідним, характерні більш низька в'язкість гарячих клейстером, зменшення сили крохмального гелю, збільшення температури клейстеризації крохмалю. Завдяки здатності цього крохмалю утворювати гарячі концентровані клейстери, з досить високим ступенем драглеутворення, які при охолодженні дають гель, крохмаль можна з успіхом застосовувати в якості пом'якшувача при виробництві желеїних цукерок, пудингів і ряду інших виробів з структурою типу желе, а також для отримання захисних плівок.

Таким чином, напрямки виробництва модифікованих крохмалів можна представити у вигляді науково-обґрунтованої схеми: 1) крохмалі, модифіковані кислотою, розщеплені, окиснені, заміщені, здатні до набухання; 2) крохмалі, модифіковані кислотою, наприклад, соляною або сірчаною (1–3%), при температурі 45–50 °С та інші сучасні методи та способи, кількість яких зростає.

Природні властивості крохмалю можуть бути змінені в результаті фізичного, хімічного, біологічного або комбінованого впливу. Крохмалі зі зміненими властивостями після такої обробки називають модифікованими крохмаллями. Умовно, за характером модифікації структури, їх підрозділяють на три групи: здатні до набухання, розщеплені і заміщені крохмалі.

Модифікацію крохмалів зазвичай проводять із застосуванням соляної або сірчаної кислоти. Суспензію нагрівають до температури нижче температури клейстеризації крохмалю. Витрата кислоти становить 1–3% до кількості крохмалю, температура, при якій протікає реакція, становить 45–50 °С. У промисловості найчастіше крохмалі, модифіковані кислотою, характеризують за показником плинності – величиною, зворотної в'язкості. Кукурудзяний крохмаль, модифікований кислотою, використовують в текстильній промисловості для шліхтування основ і обробки як бавовняних, так і змішаних тканин. Крохмаль, модифікований кислотою, застосовують в паперовому виробництві для підвищення стійкості до зношування та поліпшення якості друку. У харчовій промисловості модифіковані крохмалі цього типу використовують для виготовлення желейних цукерок, східних солодоців та ін.

Розщеплені крохмалі виробляють шляхом термічної і механічної обробки з використанням в цьому процесі кислоти, окиснювачів, ферментів, деяких солей та інших добавок, що викликають деструкцію полісахаридних ланцюгів. Клейстер розщеплених крохмалів мають знижену в'язкість, високу прозорість і підвищену стабільність при зберіганні. Найбільш простим, часто вживаним способом модифікації крохмалю, є слабка обробка його кислотою при нагріванні нижче температури клейстеризації.

Ступінь окислювання залежить від витрати реагенту та умов проведення реакції. За своїми властивостями окислені крохмалі подібні крохмаллям, модифікованим кислотою, але відрізняються більш низькою в'язкістю їх клейстерів і стабільністю при зберіганні. Крохмалі, окислені йодною кислотою, мають по дві альдегідні групи в глюкозному залишку і їх називають диальдегідними. Вони мають високу реакційну здатність, широко застосовуються для підвищення міцності паперу і в якості дубильних речовин в текстильному виробництві. При ступені окислення до 2% подібного типу крохмалі використовують в харчовій промисловості.

При обробці картопляного або кукурудзяного крохмалю перманганатом калію в кислому середовищі отримують модифікований здатний до драглеутворення крохмаль, який використовують для деяких кондитерських виробів, а також як стабілізатор морозива і продуктів молочної промисловості. Методом окислення може бути отриманий також крохмаль із зміненими властивостями для текстильної промисловості.

Драглеутворюючу здатність окисленого крохмалю оцінюють по виду і структурі желе 8,5% клейстеру, приготовленого в тонкостінному стакані, після охолодження при температурі 17–20 °С протягом 60 хв. Отримане при цих умовах желе, повинно вийматися з склянки зі збереженням форми і мати щільну і пружну консистенцію.

Крохмаль, окислений перманганатом калію, застосовують в якості замінювача агару і пектину при виробництві желейних кондитерських виробів.

В даний час в технології продуктів харчування дозволено використовувати крохмаль, окислений гіпохлоритом натрію. Однак в процесі його виготовлення кількість цього реагенту не повинна перевищувати 5,5% за активним хлору до маси крохмалю, а вміст карбоксильних груп в кінцевому продукті не повинен перевищувати 1,1%. Окислені гіпохлоритом натрію крохмалі знаходять застосування у виробництві паперу, текстильної промисловості, для крохмалення білизни та інших цілей.

## **2.2. Ієрархія теоретичних питань технології модифікованих крохмалів**

Похідні крохмалю, отримані з нього шляхом різновидів обробки для необхідної зміни властивостей, називаються модифікованими (видозміненими) крохмаллями і декстринами. Так, наприклад, розщеплені крохмалі (рідкокиплячі) утворюють клейстери низької в'язкості; виробляють їх шляхом розщеплення полісахаридних ланцюгів кислотою, окислювачами, амілазами, деякими солями і т. ін. У результаті такої дії проходить хаотичне або направлене розщеплення глюкозидних і інших зв'язків, знижується молекулярна маса, виникають внутрішні і міжмолекулярні зв'язки – з'являються карбонільні і карбоксильні групи, але, як правило, зерниста форма крохмалю зберігається.

У результаті реакції гідроксильних груп крохмалю з органічними і неорганічними речовинами утворюються прості і складні ефіри, в тому числі амілофосфорнокислі складні ефіри, які часто називають фосфатно-модифікованими крохмаллями, а також продукти окислення крохмалю. Етерифіковані крохмалі отримують введенням в молекулу крохмалю невеликого числа груп складно-ефірного зв'язку для заміщення. В основному це ацетильні, фосфорні групи. Ацетати крохмалю отримують обробкою зерен крохмалю оцтової кислотою або ацетангідридом в присутності каталізатора. розчини ацетатів крохмалю дуже стабільні, оскільки наявність ацетил-груп перешкоджає асоціації двох амілозних молекул і довгих бокових ланцюгів амілопектину. Ацетати крохмалю мають знижену здатність до ретроградації, утворюють прозорі і стабільні клейстери; застосовуються в заморожених продуктах, пекарських виробках, інстант-порошках.

Крохмалефосфат отримують при нагріванні суміші крохмалю і водорозчинних фосфатів. Монофосфатні ефіри зернового крохмалю отримують реакцією сухої суміші крохмалю і кислих солей орто-, піро- або триполіфосфату при підвищеній температурі (50–60°C) протягом 1 год. Такі крохмалі мають більш низьку температуру клейстеризації, набухають у холодній воді. Монофосфатні крохмалі застосовують в заморожених продуктах як згущувач, за рахунок його виключної стабільності при заморожуванні (відтаванні). Моноєфіри фосфорної кислоти мають високу в'язкість і прозорість клейстерів, мають значну стійкість до ретроградації, що

важливо при виробництві замороженої продукції. Використовують їх також як емульгатори. У дифосфатному крохмалі фосфат етерифікується з двома гідроксильними групами, часто з двох сусідніх крохмальних ланцюгів, ці крохмалі відносять до поперечно-зшитих. У полієфірах фосфорна кислота виступає як утворювач поперечних зв'язків для полісахаридних ланцюгів. Найбільш суттєві характеристики поперечно-зшитого крохмалю – висока стабільність при підвищених температурах, низьких значеннях рН середовища; механічних впливах; зниження здатності до ретроградації; при зберіганні таких крохмалів не спостерігається синерезис. Завдяки цим властивостям поперечно-зшиті крохмалі застосовують в дитячому харчуванні, для салатних приправ, фруктових начинках, кремах.

Модифікований крохмаль здатний до набухання в холодній воді отримують з картопляного крохмалю вологотермічною обробкою, яка викликає часткове або повне руйнування структури зерен крохмалю. Функціональна схема операцій виробництва таких крохмалів має наступні стадії (рис. 2.2):

ПРИЙОМ СИРОВИНИ → ВИРОБНИЦТВО СУСПЕНЗІЇ КРОХМАЛЮ (СР 40–42%)  
→ ВПЛИВ ЗА ВИДОМ ПРИЗНАЧЕННЯ КРОХМАЛЮ ХІМІЧНИХ РЕАГЕНТІВ (АЛЮМОКАЛІЄВИХ КВАСЦІВ, СОЛЕЙ ФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ, МЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ ТА ІН.) → ВИТРИМКА 15 ХВИЛИН ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ 40–45°C → ВАЛЬЦЕВА СУШИЛКА ДЛЯ КЛЕЙСТЕРИЗАЦІЇ І ВИСУШУВАННЯ  
→ ЗДРІБНЕННЯ ПЛІВОК, ПРОСІВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КРОХМАЛЮ, ФАСУВАННЯ, ПАКУВАННЯ

Рис. 2.2. Функціональна схема модифікованих крохмалів здатних до набухання

До групи модифікованих крохмалів здатних до набухання відносять ті, які пройшли вологотермічну обробку, що викликала часткове або повне незворотне руйнування структури зерен крохмалю. Модифіковані крохмалі цієї групи мають здатність набухати в холодній воді і повністю або частково переходити в розчинний стан. Властивості таких крохмалів залежать від виду вихідної сировини і умов її обробки до клейстеризації під час висушування. Спрямовану зміну деяких властивостей крохмалів здатних до набухання здійснюють попередньою обробкою сировини хімічними реагентами або проведенням вологотермічної обробки крохмалю в присутності хімічних речовин (кислоти, луги, антисептики та ін.). Вищевказані крохмалі широко застосовують для брикетування кормів, агломерації порошку руд, вугілля та інших продуктів. У нафтовій і газовій промисловості їх використовують в якості стабілізаторів глинистих розчинів для буріння свердловин. У харчовій промисловості їх додають в пудинги, продукти харчування – хліб, макарони та інші.

Залежно від призначення модифікованого крохмалю розроблені різні варіанти проведення клейстеризації, введення добавок (сіль, жири, білки) або наповнювачів, як окремо, так і в комбінації. Карбоксиметил крохмалі отримують обробкою картопляного крохмалю монохлорацетовою кислотою в спиртовому середовищі з подальшою нейтралізацією суміші і відмочкою продукту 8% спиртом. Як загусник він використовується при отриманні маложирних стабілізуючих емульсій. Цей крохмаль сумісний з желатином – їх одночасне використання призводить до збільшення міцнісних характеристик продукту майже у 5 раз. Його застосування дозволяє також знизити коагуляцію желатину без зниження міцності системи. Крохмаль зі структурою, подібною утворюється при випічці хліба, отримують в результаті декількох циклів заморожування і відтавання крохмального клейстеру. Внаслідок глибокої ретроградації крохмальних полісахаридів утворюється піниста, нерозчинна в холодній воді система, яку після просочування сиропами використовують, наприклад, в якості начинки для цукерок. Модифіковані крохмалі засвоюються в організмі людини легко і виконують, перш за все, енергетичну функцію. Модифікований крохмаль застосовують при виготовленні желейних виробів, борошняних кондитерських виробів, оздоблювальних напівфабрикатів типу кремів, як загусник і стабілізатор для соусів, мороженого і ін.

Модифікований крохмаль здатний до драглеутворення один з видів окисленого крохмалю, отримують обробкою крохмальної суспензії перманганатом калію в кислому середовищі. Застосовують як речовини для утворення желе замість агару і агароїда. У крохмалі глюкозидні залишки містять ряд реакційних груп у різних вуглецевих атомів. Здатність цих груп вступати в реакції заміщення використовують для виробництва заміщених крохмалів. Наприклад, технологічний процес для виробництва окисненого крохмалю здатного до драглеутворення можна визначити за схемою (рис. 2.3): 1) обробка картопляного крохмалю у вигляді крохмального молока соляною кислотою; 2) у підігріту до температури 35–40 °C крохмальну суспензію подають розчин марганцевокислого калію (KMnO<sub>4</sub>) і витримують 30 хв; 3) після окислення крохмальне молоко 3–4 рази промивають чистою водою; 4) згущують на осаджуючих центрифугах; 5) крохмаль механічно зневоднюють; 6) висушують на пневматичній сушарці, отриманий модифікований крохмаль, застосовують, наприклад, як стабілізатор для морозива.

Функціональна схема виробництва такого крохмалю багатостадійна і характеризується наявністю хімічних реакцій підкислення та подальшого окислення (рис. 2.3).

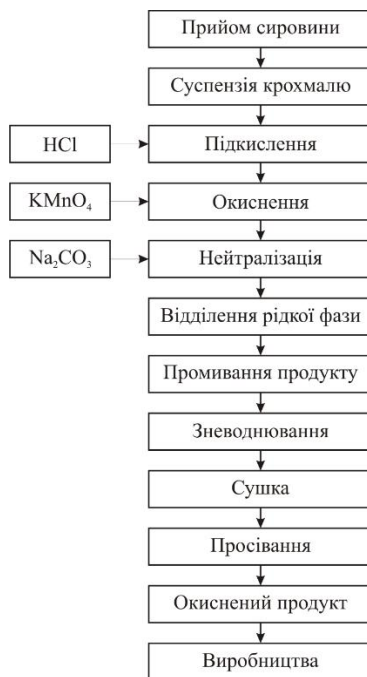


Рис. 2.3. Функціональна схема одержання окисненого крохмалю

Особливість крохмалю, який має здатність до набухання – розчинення у холодній воді і утворення клейстерів різної в'язкості можна назвати вологотермічну обробку, яка призводить до часткового або повного руйнування структури зерен крохмалю. Даний вид крохмалю, наприклад, можна отримати обробкою суспензії кукурудзяного крохмалю після додавання в неї алюмінієво-калійових квасців і антисептика катапін. Потім суспензія з концентрацією 31–33% сухих речовин насосом подається на вальцову сушилку, барабан якої обігрівается паром. Тонкий шар суспензії швидко висихає, утворюючи тонку плівку на барабані, яка знімається ножом з подальшим подрібненням плівки в порошок, частинки якого набухають при змочуванні водою і збільшуються в об'ємі. Крохмаль, який має здатність до набухання використовують в харчовій промисловості – продукти швидкого приготування, стабілізатори та загусники.

Модифіковані крохмалі окисненого типу отримують впливом на зерна крохмалю різних окиснювачів, окислення крохмалю проводять у присутності певної кількості води при різних значеннях рН. В якості окиснювачів застосовують, наприклад, гіпохлорити, перманганат, йодну кислоту, її солі та інші сполуки. При дії на крохмаль окиснювачів відбувається гідролітичне розщеплення глюкозидних зв'язків з утворенням карбонільних груп, окислення спиртових груп у карбонільні, а потім в карбоксильні. Ступінь, окислення залежить від витрати реагенту та умов проведення реакції. За своїми властивостями окиснені крохмалі схожі з крохмалями, модифікованим кислотою, і відрізняються здатністю до утворення клейстерів пониженої в'язкості і стабільних при зберіганні. До окисленим крохмалів відноситься модифікований крохмаль для драглеутворення, що готується шляхом обробки картопляного або кукурудзяного крохмалю перманганатом калію в кислому середовищі. Його використовують як драглеутворюючий компонент для деяких кондитерських виробів, в якості стабілізатора морозива, продуктів харчоконцентратної і молочної промисловості. Залежно від способу окислення продукція має застосування у паперовій промисловості для підвищення міцності паперу у якості дубильних речовин, а при низькому ступені окислення (до 2%) в харчовій промисловості.

Глюкозидні залишки, з яких побудовані полісахаридні ланцюги крохмалю, містять ряд реакційно-здатних груп – кінцеві редуруючі групи, спиртові групи у другого, третього і шостого вуглецевих атомів. Здатність цих груп вступати в реакції заміщення з різними органічними і неорганічними сполуками використовують в промисловості для виробництва ряду модифікованих крохмалів, що відносяться до групи заміщених модифікованих крохмалів, що включають прості і складні ефіри та зшиті крохмалі. Введення в молекули полісахаридів крохмалю навіть незначної кількості радикалів дозволяє значно змінити властивості крохмалю – підвищити в'язкість і стабільність їх клейстерів, усунути їх тягучість і липкість, поліпшити стабілізуючу дію, здатність до утримання на волокнах целюлози, бавовни і на штучних волокнах, посилити плівкоутворювальну здатність і т. п.

Монокрохмальфосфати утворюють стабільні клейстери, що відрізняються підвищеною прозорістю, стійкістю до заморожування, відтаювання та ін. Дикрохмальфосфати утворюють клейстери, стійкі до нагрівання і механічної дії, їх використовують при виробництві майонезів, кондитерських та м'ясних виробів і т. д.

Ацетильований крохмаль (ацетат крохмалю) має здатність утворювати стабільні прозорі плівки, його використовують у якості загусники. Ацетат крохмалю – це загальна назва найрізноманітніших за складом продуктів, які отримують з використанням крижаної оцтової кислоти, оцтового ангідриду і інших реагентів. При ацетилюванні у крохмальній ОН-групі атом водню замінюється залишком оцтової кислоти. В ході реакції

проходить утворення ефіру і деструктивне розщеплення крохмалю. При максимальному ступені ацетилювання в кожному глюкозному залишку гідроксильні групи утворюють ефірні зв'язки із залишками оцтової кислоти. Триацетат крохмалю теоретично містить 44,8% ацетильних груп по масі безводного залишку глюкози. У промислових умовах виробляють зазвичай ацетати крохмалю з низьким ступенем заміщення. Вони мають здатність утворювати стабільні, прозорі клейстери, при висиханні яких утворюються міцні плівки. Введення ацетильних груп підвищує стабілізуючу дію крохмалю, затримуючи старіння клейстеру.

Ацетилювання перешкоджає або зводить до мінімуму асоціацію амілозних фракцій зерен крохмалю і зовнішніх розгалужень амілопектину. Досить отримати невелику масу ацетильних груп, щоб домогтися підвищення стійкості клейстеру. При ацетилюванні відбувається не тільки утворення складного ефіру, а й деструктивне розщеплення крохмалю. Додаванням до оцтової кислоти мінеральних кислот можна посилити процес деструкції, що дозволяє регулювати властивості приготовлених ацетатів крохмалю. Ацетилювання крохмалю знижує в'язкість клейстерів з нього, але підвищує їх стабільність і плівкоутворювальну здатність. Цей крохмаль застосовують як структуроутворювач, згущувач, плівкоутворювач в харчовій і інших галузях промисловості. Ацетатний крохмаль застосовують у виробництві продуктів дитячого харчування, консервованих фруктових начинок і кремів. До таких харчових виробів пред'являються вимоги тривалого зберігання в умовах різних температур. Для поліпшення структурно-механічних властивостей желе ацетилювання крохмалю комбінують з введенням в полісахаридні ланцюги поперечних зв'язків. Поперечні зв'язки підвищують стійкість клейстерів до дії високих температур, перемішування і низьких значень рН. Поперечно-зв'язані ацетильовані крохмалі використовують при виробництві консервованих, заморожених, випічних і сухих продуктів харчування. Ацетильовані крохмалі після попередньої клейстеризації застосовують в сухих сумішах кремів і начинок.

У текстильному виробництві ацетати крохмалю в основному використовуються для шліхтування пряжі, а у виробництві паперу – переважно для покриттів: поверхнева проклейка дозволяє поліпшити якість друку, підвищити стійкість паперу до стирання, розчинника і жиру.

Декстринами називають крохмалі, піддані більш енергійній обробці теплом і летючими кислотами або іншими реагентами з тим, щоб отримувати на базі декстринів клей з різними властивостями. Умови реакції (температура, кислотність, тривалість) підбираються таким чином, щоб отримувати декстрини потрібної якості. Зазвичай декстрини отримують змішуванням сухого крохмалю з потрібною кількістю летючої (наприклад, соляної) кислоти, після чого суміш піддають в спеціальних апаратах дії високих температур. Зміною дозування кислоти, регулюванням температури і тривалості процесу можна отримати декстрини з різними властивостями за кольором, клейкими властивостями, розчинності у холодній воді, кольоровій реакції з йодом, наявності глюкози. Зазвичай, процес декстринізації крохмалю проходить у дві стадії 1) крохмаль втрачає капілярну і частину адсорбційної утримуваної вологи, при цьому вологість самого крохмалю наближається до 2–3 %; 2) проходять процеси деполімеризації, піролізу і утворення нових глюкозидних зв'язків, що збільшує розгалуження полісахариду, тобто проходить інтенсивна декстринізація крохмалю, вміст вологи знижується до 0,5–0,6%.

Декстрини набирають заданого кольору, розчинності (його вологість повинна бути приблизно 5%) та здатності до склеювання, яка для декстринів особливо цінна в тих випадках застосування, коли потрібні нешкідливі клеї, наприклад при виготовленні тари для харчових продуктів, в тютюновій промисловості і т. ін.

Зшиті модифіковані крохмалі виробляють шляхом обробки крохмалю протягом 10–20 годин при температурі 25–50 °С за допомогою формальдегіду, епіхлоргідрину або триметилфосфату натрія. Після закінчення реакції суспензію нейтралізують кислотою, фільтрують, продукт промивають водою і сушать. Такі крохмалі використовують у харчовій, паперовій, текстильній промисловості для підвищення стійкості полісахаридних ланцюгів при тепловій або механічній обробці.

### 2.3. Теоретичні основи сучасних виробництв модифікованих крохмалів

Дослідники приводять порівняльні функціональні та технологічні схеми з виробництва модифікованих крохмалів за повним технологічним циклом по традиційній – схема 1 та, наприклад, експрес-технології для різновидів галузей застосування модифікованих крохмалів – схема 2 (рис. 2.4).

Схема 1

ПІДГОТОВКА СИРОВИНИ → ЗРІБНЕННЯ СИРОВИНИ → ВІДОКРЕМЛЕННЯ КРОХМАЛЮ → ЗНЕВОДНЮВАННЯ І СУШКА → КЛЕЙСТЕРИЗАЦІЯ І ХІМІЧНА ОБРОБКА → БАРАБАННА СУШКА → ЗДРІБНЕННЯ НАПІВФАБРИКАТУ → КОНТРОЛЬНЕ ПРОСІВАННЯ → ЗАКЛЮЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗА ПОТРЕБОЮ

Схема 2

ПІДГОТОВКА СИРОВИНИ → ЗРІБНЕННЯ СИРОВИНИ → МОДИФІКАЦІЯ І ХІМІЧНА ОБРОБКА → КОНТРОЛЬНЕ ПРОСІВАННЯ → ЗАКЛЮЧНІ ОПЕРАЦІЇ ЗА ПОТРЕБОЮ

Рис. 2.4. Порівняльна характеристика функціональних схем виробництва модифікованих крохмалів

Приклад реалізації виробництва за представленою інноваційною функціональною схемою технологічною схема з використанням експрес-модифікатора відцентрового типу представлена на рис. 2.5.



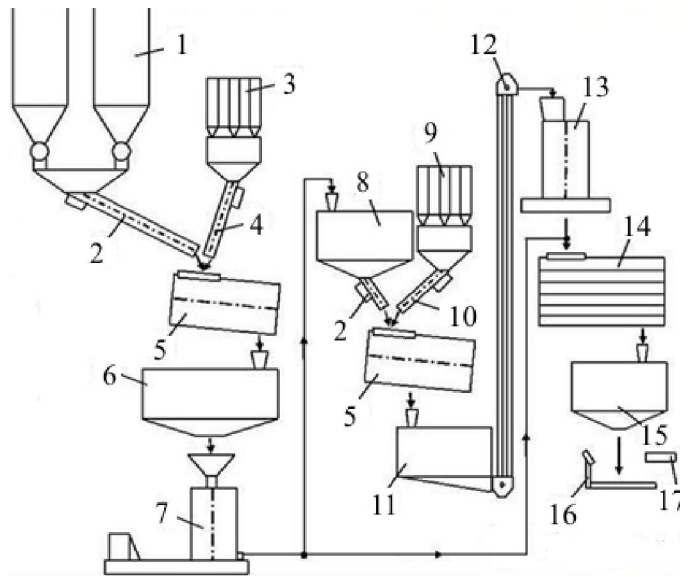


Рис. 2.5. Приклад технологічної схеми з використанням експрес-модифікатор відцентрового типу:

1 – блок прийому сировини за НТД; 2 – шнековий транспортер; 3 – блок підготовки преміксів; 4 – шнековий дозатор блока підготовки преміксів; 5 – змішувач барабанного типу; 6 – проміжний бункер технологічної суміші; 7, 13 – експрес-модифікатор МКС-М; 8 – бункер для накопичення проміжного продукту; 9 – блок підготовки преміксів проміжної технологічної суміші; 10 – шнековий дозатор блоку підготовки преміксів проміжної технологічної суміші; 11 – бункер для накопичення технологічної суміші для додаткового здрібнення; 12 – норія; 14 – віброситя; 15 – бункер для накопичення готової продукції; 16 – пакувальний апарат; 17 – пиловідсмоктувач

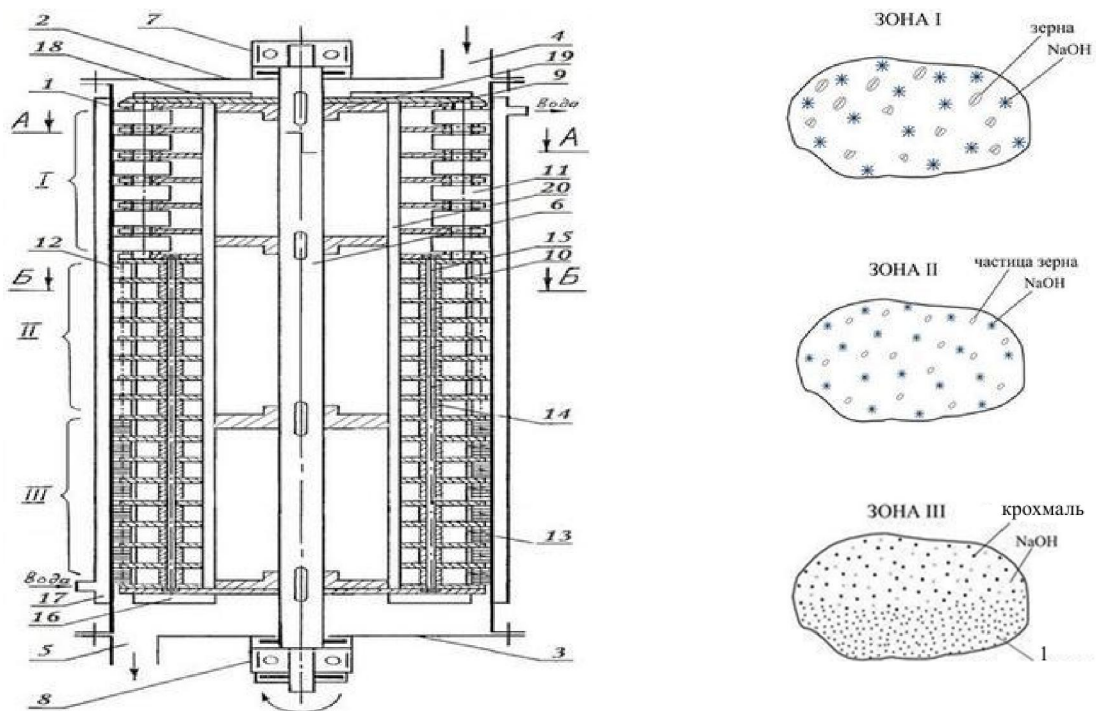


Рис. 2.6. Приклад використання експрес-модифікатора відцентрового типу у технології виробництва модифікованих крохмалів, 1 – модифікований крохмаль

Можливим способом виробництва модифікованих крохмалів є технологічна схема з застосуванням інноваційного обладнання, наприклад, експрес-модифікатора відцентрового типу (рис. 2.6): для першої зони процесу характерними є дроблення зерна і перемішування його з гідроксидом натрію; для другої зони – тонке здрібнювання зерна і подальше перемішування з гідроксидом натрію; третя зона – модифікація крохмалю і твердофазна реакція з гідроксидом натрію.

Наукові основи інноваційних механізмів та високоефективних технологій, наприклад, фізичної (екструзія), фізико-хімічної (опромінення і електрохімічне окислення), хімічної (окислення) і біохімічної (ферментативне

розщеплення) модифікації крохмалю, а також отримання високочистого фармакопейного крохмалю пов'язані також з 1) науковим обґрунтуванням виробництва крохмальної патоки різного вуглеводного складу методом кислотного-ферментативного гідролізу крохмалю; 2) розробка на основі використання модифікованих крохмалів технології і рецептури нових продуктів харчування; 3) утворення можливостей проведення дослідно-промислової апробації і впровадження в виробництво технологій модифікації крохмалю та рецептур нових продуктів.

Розщеплені крохмалі отримують шляхом термічного і механічного впливу, обробкою полісахариду кислотою, окислювачами, амілазами, деякими солями, опромінення  $\gamma$ -променями, електронами, ультразвуком і іншими способами, що викликають деструкцію полісахаридних ланцюгів. В результаті відбувається направлене або хаотичне розщеплення глікозидних, а іноді і інших валентних зв'язків. При цьому зерниста форма крохмалю залишається, як правило, незмінною. Іноді спостерігається часткове руйнування структури зерен крохмалю з утворенням вторинної структури, наприклад при клейстеризації і висушуванні крохмалів в вальцових сушарках.

Клейстери, розщеплених крохмалів мають, як правило, знижену в'язкість, більш високу прозорість і підвищену стабільність при зберіганні – це визначає їх широке застосування в промислових цілях.

Дослідниками встановлено, що при модифікації крохмалю опромінюванням спостерігається суттєва аморфізація структури опроміненого крохмалю зі збереженням морфології. При опроміненні на повітрі дозами до 440 кГр відбувається помітна деструкція макромолекул крохмалю, а внесок окислювальних процесів незначний. Аморфізація і деструкція ланцюгів картопляного крохмалю підвищують його розчинність в холодній воді і кислотність. Фізико-хімічні властивості опроміненого крохмалю не постійні. Через певний час розчинність і кислотність опромінених крохмалів істотно знижуються, аж до отримання крохмалів повністю не розчинних у воді. Найбільш оптимальним способом стабілізації фізико-хімічних властивостей може виявитися контактна сушка на вальцових сушарках або екструзійна обробка опроміненого крохмалю спільно з сухим льодом (тверда форма вуглекислого газу), який додається в кількості 1–3% до маси сухих речовин. Попередня екструзійна обробка або контактна сушка 30–40% крохмальної суспензії на вальцових сушарках при температурі 120–180°C призводить до клейстеризації, тобто руйнування крохмальних гранул і може викликати підвищення ефекту опромінення внаслідок збільшення можливих варіантів рекомбінації полімерних ланцюгів крохмалю.

Опромінення крохмалю іонізуючим випромінюванням у вигляді пучка прискорених електронів з енергією 6–7 МеВ і дозою 5–10 кГр призводить до повного знищення наявної мікрофлори. Фізично модифіковані крохмалепродукти на погляд деяких дослідників можуть знайти широке застосування в харчовій промисловості (хлібопекарській, м'ясо-молочній, олійно-жировій та бульбо-переробній галузі), в медицині і в технічних цілях (ливарному виробництві, целюлозно-паперової галузі, деревообробці).

Технологічна схема модифікації крохмалю ензимами (рис. 2.7) є прикладом інноваційної технології виробництва модифікованих крохмалів.

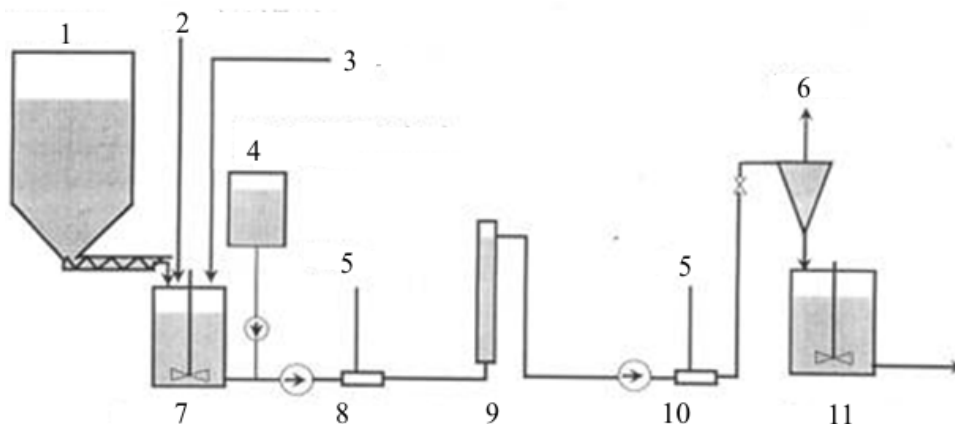


Рис. 2.7. Технологічна схема модифікації крохмалю ензимами: 1 – бункер для крохмалю; 2 – стабілізатор для крохмалю; 3 – вода; 4 – ємність для ензиму –  $\alpha$ -амілази; 5 – насос; 6 – пари; 7 – ємність для суспензії; 8 – камера розрідження; 9 – камера для утримання; 10 – автоклав (інактивація); 11 – накопичувальна ємність

Кількість стабілізатору, % для крохмалю (2) 0,5–1,0; кількість ензиму, % для крохмалю 0,1–0,5; концентрація суспензії,  $m_{ax}$  30; температура процесу, °C – 75–85; час процесу, хв – 5–15; температура інактивації, °C – 130–150.

Відомі сучасні технології нових видів модифікованих крохмалів здатних до набухання, як з використанням екструзійної техніки, так і з застосуванням вальцової сушарки. Дослідниками у процесах екструзії крохмалю встановлено, що амілоза має вплив на розпушування крохмальної гранули та призводить до утворення аморфних ділянок в ній, а амілопектин навпаки сприяє формуванню кристалічних ділянок. Вплив температури і тиску при екструзії викликає принципову структурну модифікацію картопляного, кукурудзяного та деяких інших різновидів крохмалю. Екструзійна технологія поєднує термо-, гідро- і механічну обробку крохмалеутримуючої сировини, що дозволяють отримати інноваційні крохмалепродукти. При більш глибоких трансформаціях макромолекул амілози і амілопектину можна конструювати і модифіковані крохмалі з сильно зміненими

характеристиками: заміщені, здатні до набухання, зшиті і інші. існують різні фізико-біохімічні способи модифікації крохмалеутримуючої сировину (рис. 2.8):

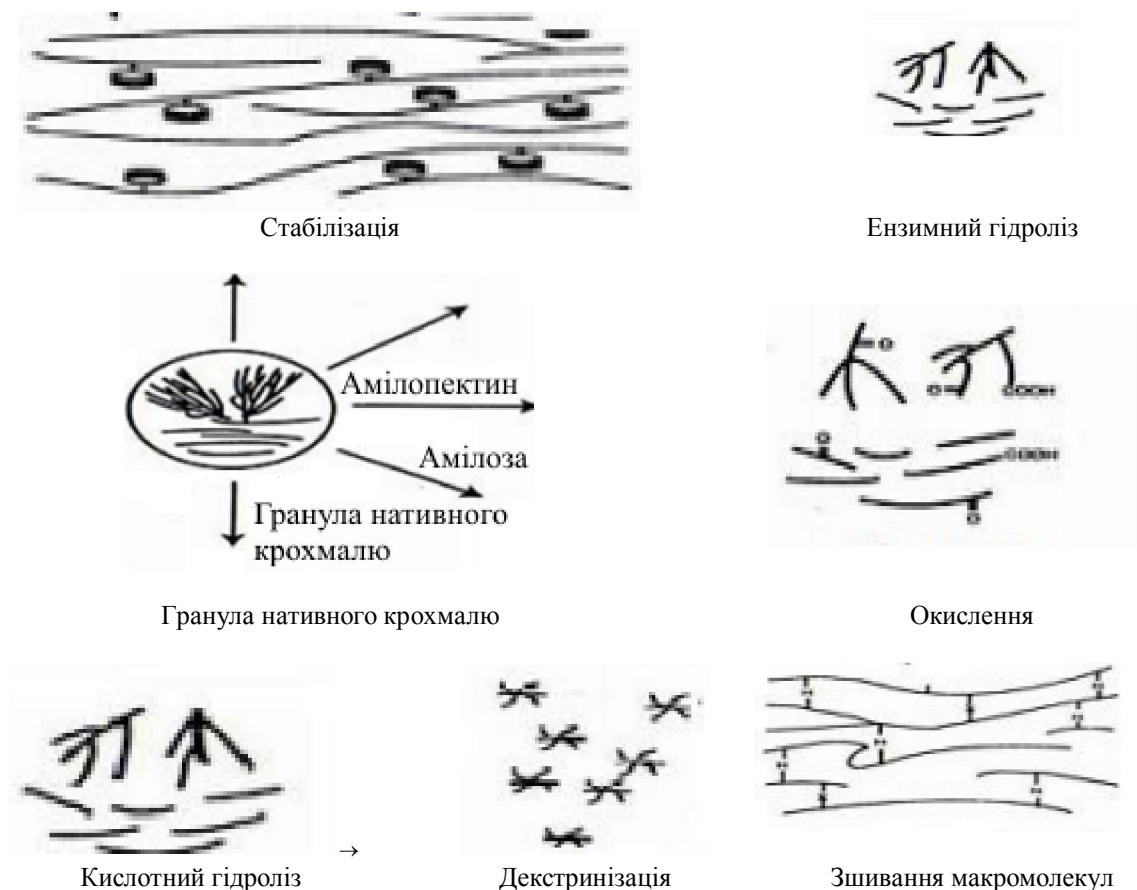


Рис. 2.8. Схема модифікації крохмальних макромолекул

В результаті екструзії вже при температурі 140 °С проходить руйнування крохмальних гранул і декристалізація нативної структури крохмалю. При охолодженні крохмалеутримуючих виробів на базі нативних крохмалів відбувається ретроградація – агрегація і ущільнення спіралей амілозних макромолекул. Набряклі і частково розчинені макромолекули амілопектину в гарячій воді (що досить важко через високий ступінь полімеризації і розгалуженості наноструктури), на відміну від амілози, більш стійкі і не ретроградують.

Важливим є приклад застосування модифікованого крохмалю з метою забезпечення процесу формування макаронних виробів при температурних режимах, традиційних для макаронного виробництва. Для такої технології необхідним може бути використання додаткових рецептурних компонентів, що мають структуроутворюючі властивості. Дослідниками у цій галузі встановлено, що для цих цілей найбільшу доцільність має використання таких модифікованих крохмалів як крохмаль холодного набухання і кукурудзяний екструзійний крохмаль, в наслідок високої здатності зв'язувати воду у визначеному температурному діапазоні.

Важливим є і інший факт, встановлений дослідниками з модифікації крохмальних макромолекул – стабілізація модифікованої амілози запобігає ретроградації і тому збільшує термін придатності їжі в циклі заморожування↔відтавання. При ферментативному гідролізі крохмалю можна отримати модифікації з прогнозованими реологічними характеристиками.

Зшивання крохмальних макромолекул полягає в заміні водневих зв'язків постійними ковалентними зв'язками і тим самим збільшує стійкість надмакромолекулярної наноструктури до заморожування. При клейстеризації у водному середовищі (температура 50–75°C) відбувається не тільки набухання крохмального зерна і руйнування його мікроструктури, а й часткове розщеплення високомолекулярних макромолекул амілози і амілопектину, вони перетворюються в більш розчинні фракції.

Крохмальні клейстери (в'язкий і текучий золь)  $\approx 6\text{--}8\%$  концентрації при охолодженні переходять в гелевидні структури схематично зображені на рис. 2.9.

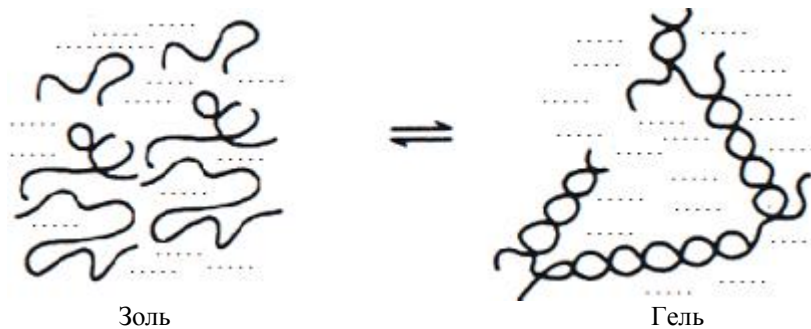


Рис. 2.9. Взаємоперетворення станів золевих і гелевих станів макромолекул модифікованих крохмалів

Гелеутворення обумовлено виникненням тривимірного «каркаса» біополімерів, макромолекулярна наноструктура якого адекватно інтерпретується в рамках фрактальної теорії. Крохмальні гелі є амілозні супрамолекулярні наноструктури, в які «вкраплені» набряклі гранули, що складаються в основному з амілопектинових макромолекул і інших компонентів їжі. Гелеві структури на базі модифікованих крохмалів набувають комплекс структурно-механічних (реологічних) властивостей: міцність, пружність, еластичність і ін.

Клейстеризація крохмалю і характеристика крохмальних гелів залежать не тільки від температури, виду крохмалю, а й кількості інших компонентів їжі (білків, жирів і т.п.). Додаток амілолітичних ферментних препаратів або інших стимулює глюкозо- і газотворення в тісті, а стабілізація третинної наноструктури макромолекул амілаз [4] за участю іонів кальцію є інноваційним підходом в харчових технологіях. Таким чином, технологічна модифікація крохмалю дозволяє управляти властивостями: гідрофільністю, параметрами клейстеризації і гелеутворення, реологічними характеристиками желе, що відкриває широкі можливості для молекулярного дизайну затребуваної продукції громадського харчування.

Треба також відмітити, що дослідники пропонують інноваційний безводний спосіб отримання нативного крохмалю, при якому здійснюють підготовку крохмалеутримуючої сировини до переробки, проводять дослідження морфологічної структури крохмалю в крохмалеутримуючій сировині з визначенням розміру крохмальних гранул, підготовлену сировину подрібнюють, висушують до видалення з рослинних клітин вільної і зв'язаної води, піддають тонкому подрібненню для руйнування рослинних клітин і витягають крохмаль шляхом багаторазового просіювання через систему сит, підібрану відповідно до розмірів крохмальних гранул крохмалеутримуючої сировини.

#### 2.4. Загальні висновки з теми виробництва модифікованих крохмалів

Отже, можна зробити проміжні висновки з теми – крохмалі, властивості яких змінені в результаті спеціальної обробки, називають модифікованими крохмалю. Останні поділяють на дві великі групи: крохмалі, при обробці яких основною зміною є розщеплення полісахаридних ланцюгів – група розщеплених крохмалів, і крохмалі, властивості яких змінені в основному в результаті приєднання хімічних радикалів або в результаті спільної полімеризації з іншими високомолекулярними сполуками – група заміщених крохмалів.

У промисловості найчастіше крохмалі, модифіковані кислотою, характеризують за показником плинності – величиною, зворотною в'язкості. Кукурудзяний крохмаль, модифікований кислотою, використовують в текстильній промисловості для шліхтування основи і обробки як бавовняних, так і змішаних тканин. Крохмаль, модифікований кислотою, застосовують в паперовому виробництві при поверхневій проклейці паперу для підвищення його стійкості до зношування та поліпшення якості друку. У харчовій промисловості модифіковані крохмалі цього типу використовують для приготування желейних цукерок, східних солодощів та ін.

Розщеплені крохмалі отримують шляхом термічного і механічного впливу, обробкою полісахариду кислотою, окислювачами, амілазами, деякими солями, опроміненням  $\gamma$ -променями, електронами, ультразвуком і іншими способами, що викликають деструкцію полісахаридних ланцюгів. В результаті відбувається спрямоване або хаотичне розщеплення глюкозидних, а іноді і інших валентних зв'язків. При цьому зерниста форма крохмалю залишається, як правило, незмінною. Іноді спостерігається часткове руйнування структури зерен крохмалю з утворенням вторинної структури, наприклад при клейстеризації і висушуванні крохмалів в вальцових сушарках.

Клейстери, розщеплених крохмалів мають, як правило, знижену в'язкість, більш високу прозорість і підвищену стабільність при зберіганні.

За економічними показниками для виробництва модифікованих крохмалів важливим є розгляд питань:

1) можливості – постійне зростання попиту на вищевказану продукцію; інноваційний комплексний розвиток технології крохмале-патокової та супутніх галузей виробництва; розробка відповідних технічних регламентів та НТД; розробка та реалізації спеціальних програм розвитку інноваційних комплексних підприємств; розробка інноваційних продуктів з маржинальним доходом – різниця між виручкою від реалізації (без урахування ПДВ і акцизів) і змінними витратами або сума покриття – та частина виручки, яка залишається на покриття постійних витрат і формування прибутку; покращання загальних умов ведення бізнесу – інвестиційного клімату, доступності кредитів, наявності кадрів та ін.; утворення стійкого бізнесу, підвищення рівню доходності за рахунок утворення відомих світових брендів;

2) сильні сторони утворення інноваційних комплексних технологій галузі – наявність та можливості зростання зернових ресурсів з урахуванням наукових та технологічних розробок; ціни на енергетичні та водні ресурси, а також створення кваліфікованих робочих ресурсів; мінімальна кількість конкурентів;

3) недоліки – великий об'єм початкових інвестицій; висока вартість кредитних ресурсів в Україні; відсутність досвіду з розробки та втілення інноваційних продуктів та об'єктів; тривалий термін окупності проєктів; нехтування розробками вітчизняних науковців та дослідників, базою випускників вищих навчальних закладів України; подальше руйнування створення бази кваліфікованого персоналу та науково-технічної бази – повна відсутність стимуляції вітчизняних кадрів; слабка діяльність структур маркетингу та менеджменту у великотоннажних сферах промисловості і повна відсутність їх комунікації з технологіями та науково-технічними робітниками інноваційних технологій промислових комплексів і т.ін.

## 2.5. Ієрархія системи процесів виробництва кукурудзяного масла

Виділений при виробництві сирого кукурудзяного крохмалю зародок є сировиною для отримання кукурудзяної олії. Його переробляють безпосередньо на кукурудзяно-переробних підприємствах або відвантажують на інші олійно-жирові заводи. Зародок, що надходить на переробку в сирому або сухому вигляді, повинен задовольняти основним вимогам, наведеним в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Основні вимоги до зародку кукурудзи

Показники якості зародку	Зародок	
	сирий	сухий
Вологість, %, не більше	65,0	6,0
Вміст пелели і кашки, %, не більше	18,0	10,0
Кількість дробленого зародку, %, не більше	22,0	15,0
Кількість зіпсованого зародку, %, не більше	–	2,0
Вміст жиру у сухих речовинах, %, не менше	48,0	48,0

Рафінацію кукурудзяної олії з 1959 р здійснювали за схемою: гідратація → нейтралізація → дезодорація з отриманням харчової олії, технологічний процес далі постійно модернізують та насичують сучасним обладнанням. Технологічну схему визначали за переліком операцій та методів, наприклад, за наступним алгоритмом дії (рис. 2.10). Сира кукурудзяна олія з бака подається насосом на ваги. Виважене масло надходить в нейтралізатор, в якому для видалення з масла домішок проводиться його гідратація 5–6% води, яка подається при температурі 45 °С. Гідратаційний осад направляється в збірник, звідки надходить на подальшу обробку. Гідратована масло для видалення з нього вільних жирних кислот піддається нейтралізації водним розчином каустичної соди. Концентрація розчину 160–180 г соди на 1 л, температура процесу 60–65 °С.

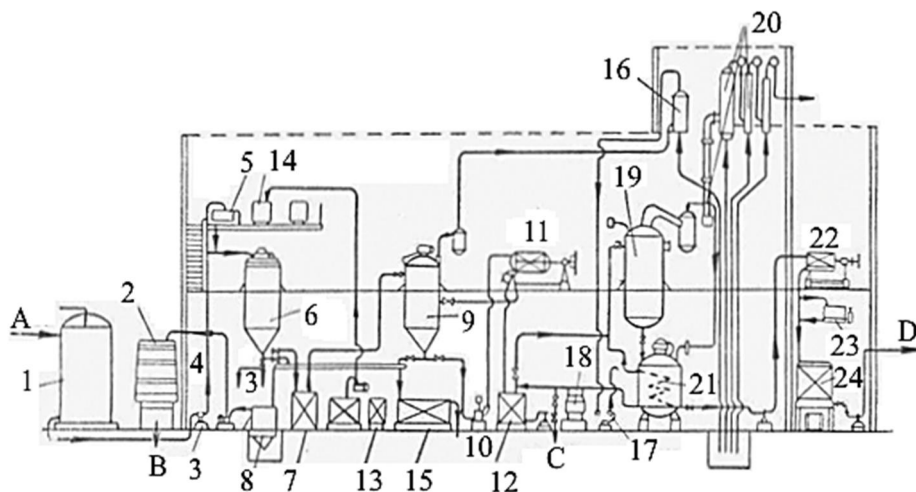


Рис. 2.10. Технологічна схема рафінації кукурудзяного масла (A. Nowak):

1 – збірник сиреї олії; 2 – бак для розщеплення сопстоку; 3 – насос для сиреї олії; 4 – витратомір; 5 – ваги для сиреї олії; 6 – нейтралізатор; 7 – проміжний збірник; 8 – збірник сопстоку; 9 – сушильно-відбілюваний апарат; 10 – насос до фільтрпреса; 11 – фільтрпрес; 12 – збірник олії; 13 – ємності для розчинів лугів; 14 – мішник для розчинів лугів; 15 – жироловка; 16 – барометричний конденсатор; 17 – вакуум-насос; 18 – повітряний компресор; 19 – дезодоратор; 20 – високовакуумна пароежекторна установка; 21 – охолоджувач для олії; 22 – фільтрпрес для фільтрації; 23 – ваги; 24 – збірник олії; А – сира олія; В – сопсток; С – на гідрогенізацію; D – до сховища

Сопсток після відстоювання надходить до збірника і з нього на подальшу обробку. Нейтралізована олія передається на промивання і вакуум-сушіння. В апараті олію промивають водним розчином кухонної солі, водою



і конденсатом, Промивні води через жироловки спускають в каналізацію. Промиту олію піддають вакуум-сушінню, а далі вона надходить в проміжний бак і з нього насосом перекачується в фільтр-прес, а потім через бака – в дезодоратор для видалення запаху. Дезодорація проводять під вакуумом при температурі 175–185 °С, перегріта пара надходить в дезодоратор з пароперегрівача.

Дезодорована олія надходить в охолоджувач, з якого насосом перекачується в бак, що стоїть на вагах, з нього в бак для готової рафінованої олії, а звідти – на розфасовку.

У процесах нейтралізації і дезодорації відбувається значне освітлення масла, що дає можливість не проводити спеціальної відбілювання. Кольоровість рафінованої олії становить від 6 до 20 мг йоду на 100 мл розчину, кислотне число – від 0,13 до 0,40 мг КОН. В результаті рафінації істотного зниження вітаміну Е в олії не відбувається.

А. Nowak приносить схему рафінації кукурудзяної олії, в якій передбачається видалення слизових речовин з метою зниження втрат при рафінації, а потім видалення вільних жирних кислот, барвників і речовин, які надають маслу запах і смак. Сире масло подають насосом через витратомір на ваги. Потім воно надходить в нейтралізатор, де з нього попередньо видаляють слизові речовини, обробляючи сірчаною кислотою (0,5% до ваги олії у перерахунку на 60% кислоту). При обробці олію перемішують і нагрівають до температури 50 °С. Масло відстоюється 3 години, потім шлам спускають, а олію обробляють кухонною сіллю, щоб запобігти утворенню емульсії, і додають до неї воду (100 л на 140 кг олії).

Суміш нагрівають до температури 95 °С, відстоюють протягом години і спускають воду. Після цього олію нейтралізують розчином їдкого натру. Соапсток спускають в збірник, а звідти направляють в інший збірник, що знаходиться поза приміщенням. Нейтралізовану олію багаторазово промивають гарячою водою. З нейтралізатора олію направляють через збірник – засмоктують під дією вакууму в сушильно-відбілювальний апарат для сушіння, а потім відбілюють каоліном. Після відбілювання суміш олії з каоліном охолоджують і фільтрують при температурі 80–60 °С. Відфільтрована олія надходить до збірника, а далі її можна подавати на гідрогенізацію або на дезодорацію і полірувальну фільтрацію. Дезодоратор працює під високим вакуумом. Відгонка речовин, які надають кукурудзяному маслу неприємний запах і смак, проводиться гострою парою при залишковому тиску і температурі 180–220 °С. Дезодорована олія надходить в високовакуумний охолоджувач, потім на полірувальну фільтрацію і після зважування – до збірника рафінованої олії.

Традиційне очищення (рафінування) рослинних олій від небажаних домішок проводять з використанням хімічних реагентів. Надлишок вільних жирних кислот, які завжди присутні в сирій олії, видаляють за допомогою їдких лугів (КОН і NaOH) – при цьому утворюються калієві або натрієві мила. Від них масло відмивається водою, сушиться, а потім проводиться дезодорація, тобто відгонка при підвищеній температурі і зниженні тиску легколетких речовин, які завжди присутні в олії і створюють специфічний запах, не завжди приємний. Все це призводить до великої кількості проміжних операцій, наявності стічних вод, які необхідно утилізувати, відходів виробництва, безповоротної втрати частини вихідної сировини і, в кінцевому підсумку, дорогої і небездоганною, з точки зору якості одержуваної продукції, технології.

Всіх цих недоліків, за визначенням дослідників, позбавлена технологія, заснована на фізичній рафінації та одночасної дезодорації олій. Її суть полягає у відгонці в умовах глибокого вакууму вільних жирних кислот і летючих речовин. Переваги технології фізичної рафінації та одночасної дезодорації олій у порівнянні з іншими технологіями наведені нижче:

- 1) простий технологічний процес, що проходить в одну стадію;
- 2) проведення процесу без використання хімічних реагентів;
- 3) виключення термоцикування (багаторазового нагрівання і охолодження) масла, що робить технологію енергозберігаючої і підвищує якість кінцевого продукту;
- 4) відсутність відходів виробництва;
- 5) процес є безперервним, що дало можливість повністю автоматизувати його, відгонка жирних кислот і легколетких речовин дозволяє збирати їх і реалізовувати як самостійну товарну продукцію.

Узагальнена функціональна схема технології виробництва нерафінованого кукурудзяного масла приведена на рис. 2.11. Відповідно за схемою зародок направляють на вальцюві верстати для подрібнення, далі подають в жаровню, а потім в преси, олію з цих пресів направляють на очищення. Макуха (жмих), отримана при першому пресуванні, містить більше 20% масла, її подрібнюють за допомогою ножів, встановлених на пресі, в спеціальних шнеках і в дискових дробарках, а потім на вальцювому верстаті. Подрібнена макуха проходить гідротермічну обробку в жаровні перед шнековими пресами другого пресування. Після другого пресування макуха направляється на приготування корму. Олію другого пресування об'єднують з маслом першого пресування і подають на очищення.

Великий осип (частки пресованого матеріалу, що пройшли через щілини) затримують на ситах сітчастих підилок пресів, на вібраційних ситах або механізованих гущеловушках. Дрібну суспензію відокремлюють від масла за допомогою осаджувальних центрифуг, після чого масло фільтрують на фільтр-пресах спочатку в гарячому вигляді, а потім ще раз після охолодження.

Якість сирі (нерафінованої) олії регламентується стандартом НТД. Для отримання харчової кукурудзяної олії сире масло піддають рафінації. Технологічна схема рафінування кукурудзяної олії включає зважування, гідратацію, нейтралізацію, відстоювання, промивання, висушування, дезодорування, фільтрування та охолодження. Рафінована кукурудзяна олія має мати кольоровість не вище 20 мг йоду, кислотність не більше 0,4 мг КОН, вміст вологи і летючих речовин – до 0,1%, фосфатидів – до 0,05%.

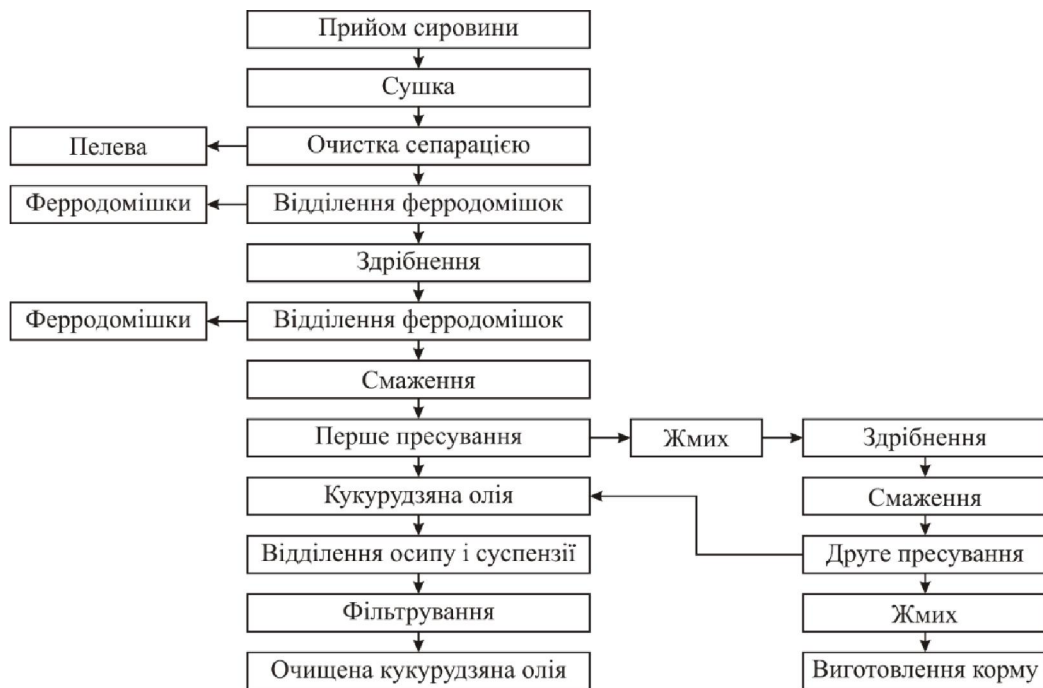


Рис. 2.11. Функціональна схема комплексного виробництва кукурудзяного масла пресуванням

Кукурудзяний екстракт, що містить 7–9% СР, упарюють до концентрації 35–40% і використовують при виробництві кормів, а також після концентрування до 50% в мікробіологічних виробництвах. Білкова суспензія, отримана на сепараторах і містить близько 1% СР, піддається поділу методом фільтрування на частково згущений глютен і добре освітлену глютенову воду, що використовується для технологічних цілей.

Остаточне згущення глютену ведуть на відцентрових сепараторах (до 12% СР) і далі на вакуум-фільтрах або фільтр-пресах (до 64–72% СР). Глютен і інші побічні продукти виробництва кукурудзяного крохмалю використовують для отримання кормів (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Технологічна схема виробництва сухих кукурудзяних кормів

Таким чином, визначені побічні продукти кукурудзяно-крохмального виробництва – мезга, глютен, екстракт і зародок мають ефективні технології їх використання.

Мезга реалізується в сирому вигляді після механічного зневоднення в суміші з глютенем або без нього, або висушується.

Глютен використовується у вигляді суспензії як корм на фермах, розташованих недалеко від підприємства, а також висушується. Сухий глютен є цінним білковим кормом. Рідкий екстракт в суміші з мезгою і глютенем направляють на корм худобі, а уварений екстракт – як добавку до корму і на потреби мікробіологічних виробництв. Сухий кукурудзяний корм вміщує, %: білків – 18–19, крохмалю – 18–25, жирів 7–9, золи – 1–4



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев В.В., Науменко В.В., Паршакова Л.П. Способы получения и применения различных типов пектинов // Пищевая технология. 1998. №6. 17 с.
2. Способ производства яблочно-пектиновой пасты: а.с. 888915 СССР: МКИ А 23 L 1/04. А 23 L 1/06 / В.С. Баранов, З.В. Василенко, В.С. Михайлов, О.И. Ослабко. №2900762/28-13; заявл. 25.03.80. Бюл. №46.
3. Бондарь С.Н., Голубев В.Н. Экстрагирование свекловичного пектина // Пищевая промышленность. 1992. №12. С. 18-19.
4. Ван Муорик С.В. Современные тенденции развития промышленности пищевых добавок и ингредиентов // Пищевые ингредиенты – сырье и добавки. 2004. №1.
5. Голубев В.Н., Бондарь С.Н. Мембранная обработка экстрактов свекловичного пектина // Пищевая промышленность. 1992. №1. С. 27-28.
6. Голубев В.Н., Шелухина Н.П. Пектин: химия, технология, применение. М., 1995. 317 с.
8. Зайко Г.М., Гайворонская И.А., Хадкевич В.А. Содержание пектина в плодах, овощах и продуктах их переработки: (обзор) // Пищевая технология. 1989. №1793. С. 17.
9. Ильина И.А. Научные основы технологии модифицированных пектинов. Краснодар, 2001. 256 с.
10. Крикова Н.И., Щербак С.Н., Компанцев В.А. Спектрофотометрическое изучение водных растворов свекловичного, яблочного, цитрусового пектинов в присутствии ионов меди, свинца, кадмия. Пятигорск: Пятигорский фармацевтический институт, 1990. С. 9.
11. Литвак И.М., Баранов М.И. Изучение технологических условий получения пищевого пектина из жома // Труды Киевского технол. ин-та пищевой пром-сти. Киев, 1959. Вып. 21. С. 16-19.
12. Микеладзе О.Г. Разработка технологии получения пектиновых веществ из вторичного сырья при производстве консервированного мандаринового сока: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Одесса, 1990. С. 22.
13. Способ получения пектина из яблочных выжимок: а.с. 577212 СССР / В.Г. Моисеева, Г.М. Зайко, Ю.М. Шапиро. №00577212; заявл. 25.10.1977, Бюл. №25.
21. Хатко З.Н. Биохимическое обоснование и разработка способов получения высокоочищенного свекловичного пектина: дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 1997. 151 с.
22. Хужоков Ж.Д., Парфененко В.В. Производство и применение пектина (опыт Нальчикской кондитерской фабрики). Нальчик, 1961. 111 с.
23. Шом М., Моисеева В.Г., Таран А.А. Факторы влияющие на процесс гидролиза, выход и качество пектина // Пищевая технология. 1982. №4. С. 122-124.
24. Юдинцева И.В., Вакалов Н.А. Оптимальные условия осаждения свекловичного пектина // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. 1973. №6. С. 41-42.
25. Грынчев Д., Георгиева И., Волкова Р. Получаване на цитрусов пектин у нас // Бълг. плод, запенчуци и консерви. 1980. №8. С. 13-14.
26. <http://www.esi.ru/property.htm>
27. <http://pektin.ru/index.php?id=2>
28. Бухкало С.І, Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести), 2-ге вид. доп.: ч. 2, [текст] підручник. / С.І. Бухкало – К.: Центр навчальної літератури, 2018. – 108 с.
29. Бухкало С.І., Зіпунніков М.М. Аналіз ефективності насадок при регенерації етилового спирту у виробництві пектину. XV міжд. научн. конф. «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств». Т. 1. № 43, ОНАПТ, Одесса, 2013. С. 80 – 84.
30. Бухкало С.І., Міхедькіна А.М., Кобелев М.С., Сорочинський В.М. Основні складові комплексних проектів з технології етилового спирту / XXIII Міжд. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2015) 20-22 травня 2015. Х.: Ч. III. С. 7.
31. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков Н.Н. Аналіз деяких масообмінних характеристик насадок при регенерації етилового спирта. Покращення ефективності процесів і апаратів в хімічній і суміжних галузях промисловості [Текст]: сб. н. тр. Міжд. науково-технічної конференції, присвяченої 105-літтю со дня народження А. Н. Пліновського (8-9 вересня 2016 року). Т. 2. М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, 2016. С.160–163.
32. Сидоренко Ю.І., Шебершнєва Н.Н., Шеховцова Т.Т. Розробка технології желейного мармелада з заданими споживчими властивостями // Сб. н. трудов І міжведомственої н-практ. конф. «Товарознавство, експертиза і технологія продовольствених товарів». М.: ІКМГУПП, 2008, с. 280–287.
33. Йоргачева Е.Г., Гордієнко Л.В., Аветисян К.В. Технологія двохшарового дієтичного мармелада // Харчова наука і технологія. Одеса, ОНАХТ. 2010, № 1(10), с. 23–26.
34. Васькіна В.А. Сравнительная характеристика технологий желейного мармелада // Кондитерское и хлебопекарное производство 2004. - №6(34). – С. 1 –4.
35. Морозов В.Б. Технологические системы подготовки и переработки сырья свеклосахарных производств: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. 96 с.
36. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства: учебник для вузов. М.: КолосС, 1999. 495 с.
37. Технологическое оборудование сахарных заводов: учебник для вузов/ Гребенюк С.М. [и др.]. М.: КолосС, 2007. 520 с.

38. Славянский А.А. Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродукты. – М.: МГУТУ, 2012. – 230 с.
39. Українець А.І. Технологія пищевих продуктів. К.: Изд.дом «Асканія», 2008. – 736 с.
40. Ловкис З.В., Литвяк В.В., Петюшев Н.Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов: уч. пос. – Минск: Асобны. 2007, 178 с.
41. [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com); опубл. 30.08.2008. – 4 с.
42. [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)
43. Говажньанський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. – К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
44. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (тестові завдання): [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. 412 с.
45. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. 456 с.
46. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
47. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2018. – 98 с.
48. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести з технології крохмалю) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2019. – 98 с.
49. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
50. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks / Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
51. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. X.: Ч. III, – с. 14.
52. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. X.: НТУ «ХПІ». 208 с.
53. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХПІ». X.: НТУ «ХПІ». 2014. № 16. С. 3–11.
54. Сирку М.А., Бухкало С.І., Іглін С.П., Мірошніченко Н.М., Шкредов І.С., Пахнутова М.І., Шевчук Т.Р. Питання комплексного визначення властивостей сировини у межах курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 342.
55. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Ольховська В.О., Зіпунніков М.М. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 66–74. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.12
56. Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.13
57. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Зіпунніков М.М., Ольховська В.О., Сирку М.А. Аналіз можливостей регенерації етилового спирту у виробництві пектину. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 19–30. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.04
58. Бухкало С.І. Перспективи розвитку технологій крохмалю з картоплі та кукурудзи. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 21(1346). – С. 75–83. doi: 10.20998/2220-4784.2019.21.12
59. Бухкало С.І. Технологічні об'єкти утилізації-модифікації полімерної тари та пакування. Збірник наукових праць XVII міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових і хімічних виробництв» 3-8 вересня 2018, м. Одеса. С. 140–142.
60. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294). – С. 36–44.
61. Бухкало С.І., Ольховська О.І., Іглін С.П., Зіпунніков М.М. Можливості розвитку компетентностей комплексних екологічнобезпечних проєктів утилізації-модифікації. Вісник НТУ «ХПІ». – X.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294). – С. 3–9.
62. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. та ін. Алгоритм управління ефективним очищенням стічних вод комплексних підприємств. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 204.
63. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Валієв Д. Полімерна тара та пакування харчових продуктів – проблеми та перспективи розвитку. II Міжнародна конференція «Сучасні технології харчових виробництв», Дніпро, 17-18 травня 2018 р., с. 87–92.
64. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 201.
65. Бухкало С.І., Соловей В.М., Іглін С.П., Ольховська О.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. X.: Ч. II, с. 203.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	3
ВСТУП .....	4
Глава 1. КОМПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ КРОХМАЛЮ .....	5
1.1. Загальні відомості з теми .....	5
1.2. Ієрархія сортових ресурсів різновидів сировини .....	7
1.3. Інновації через системний підхід .....	8
1.4. Ієрархія систематичної класифікації сортів крохмалю .....	10
1.5. Ієрархія властивостей сортів крохмалю .....	10
Глава 2. КОМПЛЕКСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ .....	11
2.1. Загальні положення теми та систематична класифікація .....	11
2.2. Ієрархія теоретичних питань технології модифікованих крохмалів .....	12
2.3. Теоретичні основи сучасних виробництв модифікованих крохмалів .....	15
2.4. Загальні висновки з теми виробництва модифікованих крохмалів .....	19
2.5. Ієрархія системи процесів виробництва кукурудзяного масла .....	20
Глава 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЇ ЗДОБУВАННЯ КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ .....	23
3.1. Загальні відомості з теми .....	23
3.2. Систематична класифікація картоплі як сировини виробництва крохмалю .....	23
3.3. Теоретичні основи експериментальної частини .....	25
3.4. Систематичний аналіз особливостей картопляної сировини .....	26
3.5. Ієрархія процесів аналізу картопляної сировини .....	26
3.6. Ієрархія процесів аналізу результатів дослідження .....	26
3.7. Контрольні питання .....	28
Глава 4. АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ВИХОДУ .....	29
4.1. Загальні положення теми .....	29
4.2. Ієрархія методики проведення експерименту .....	29
4.2.1. Системи одержання картопляного крохмалю .....	30
4.2.2. Системи визначення сухих речовин .....	30
4.3. Ієрархія аналізу отриманого продукту й обробки результатів .....	30
4.3.1. Ієрархія визначення крохмалю титриметричним методом .....	30
4.3.2. Ієрархія розрахунків виходу крохмалю .....	31
4.3.3. Системи одержання крохмалю й аналізу його методом Реймана .....	31
4.4. Системи визначення щільності зразка картоплі .....	31
4.5. Системи визначення вмісту двооксиду сірки в крохмалі .....	32
4.6. Системи оцінки якості крохмалю та складання висновків .....	33
4.7. Контрольні питання .....	34
Глава 5. СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗНОВИДІВ ПАСТИЛЬНО-МАРМЕЛАДНИХ ВИРОБІВ .....	35
5.1. Загальні положення теми та систематична класифікація виробів .....	35
5.2. Системи аналізу модернізації галузі .....	35
5.3. Ієрархія особливостей систем технології виробництва різновидів мармеладу .....	38
5.4. Системи технології виробництва яблучного мармеладу .....	38
5.5. Ієрархія прикладів з модернізації галузі .....	40
5.6. Систематична класифікація рецептур виготовлення мармеладу .....	42
5.7. Системи виготовлення багатошарового мармеладу .....	44
Глава 6. КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗНОВИДІВ ПАСТИЛИ І ЗЕФІРУ .....	45
6.1. Загальні положення теми та систематична класифікація виробів .....	45
6.2. Ієрархія технології виробництва пастили і зефіру .....	45
6.3. Ієрархія технологія виробництва нарізної пастили .....	47
6.4. Систематична класифікація рецептур для виготовлення пастили і зефіру .....	48
6.5. Ієрархія висновків з технології виробництва пастили і зефіру .....	49
Глава 7. СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗНОВИДІВ ХАЛВИ .....	51
7.1. Загальні положення теми та систематична класифікація виробів .....	51
7.2. Ієрархія особливостей підготовчих технологічних операцій виробництва халви .....	51
7.3. Ієрархія особливостей основних технологічних операцій виробництва халви .....	52
7.4. Приклад визначення ієрархії технологічної схема виробництва халви .....	54
7.5. Системи визначення дефектів у процесах виробництва халви .....	55
Глава 8. СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ПЕКТИНУ .....	57
8.1. Загальні положення теми та систематична класифікація процесів виробництва .....	57

8.2. Ієрархія особливостей технології виробництва пектину .....	57
8.3. Ієрархія технології виробництва пектину з різновидів сировини .....	59
8.4. Системи технології виробництва пектину з яблучних вичавок .....	60
8.5. Системи технології виробництва пектину з цитрусових плодів .....	61
8.6. Системи технології виробництва пектину з бурякового жому .....	61
8.7. Системи технології виробництва пектину з нетрадиційної сировини .....	62
8.8. Системи з комплексної технологія виробництва пектину .....	63
8.9. Приклади системи інноваційної технології виробництва пектину .....	63
8.10. Приклади системи експериментальних досліджень з технології пектину .....	64
8.11. Системи можливостей пектинових речовин для застосування у кондитерській галузі .....	66
Глава 9. СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ІНВЕРТНОГО СИРОПУ .....	67
9.1. Загальні положення теми.....	67
9.2. Ієрархія технологічних операцій виробництва інвертних сиропів .....	68
9.3. Системи технології безперервного виробництва інвертних сиропів .....	68
9.4. Системи вимог до якості сиропів кондитерського виробництва .....	70
Глава 10. СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗУ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ІНВЕРТНОГО СИРОПУ .....	71
10.1. Загальні положення теми.....	71
10.2. Ієрархія методики одержання інвертного сиропу .....	71
10.2.1. Готування вихідних розчинів .....	71
10.2.2. Ієрархія кислотного гідролізу розчину цукру .....	72
10.3. Ієрархія дослідження кінетики процесу одержання інвертного сиропу .....	72
10.3.1. Ієрархія процесів проведення експерименту .....	72
10.3.2. Системи обробки та аналізу експериментальних даних .....	73
10.4. Ієрархія висновків та аналізу результатів .....	74
Контрольні питання.....	75
Глава 11. СИСТЕМИ ОДЕРЖАННЯ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ ОЦУКРЮВАННЯМ КАРТОПЛЯНОГО КРОХМАЛЮ .....	76
11.1. Загальні положення теми.....	76
11.2. Ієрархія процесів експерименту .....	77
11.2.1. Ієрархія процесів осахарювання .....	77
11.2.2. Ієрархія процесів нейтралізації .....	77
11.3. Системи експериментального визначення вмісту сухих речовин в розчині патоки рефрактометричним методом .....	77
11.4. Системи експериментального визначення вмісту речовин, що редукують в отриманому розчині патоки .....	78
11.5. Системи експериментального визначення масової долі декстринів у розчині патоки .....	79
Контрольні питання.....	80
Глава 12. ІЄРАРХІЯ КІНЕТИЧНИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА КОМПОНЕНТІВ ХАРЧОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ .....	81
12.1. Загальні положення теми.....	81
12.2. Системи визначення та розрахунків кінетичних закономірностей хімічних реакцій у харчовій технології .....	81
12.3. Системи кінетичного аналізу закономірностей хімічних реакцій .....	83
12.4. Системи кінетичного аналізу закономірностей зворотних хімічних реакцій .....	85
12.5. Системи кінетичного аналізу закономірностей складних хімічних реакцій .....	87
Глава 13. СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РІЗНОВИДІВ КОМПОНЕНТІВ ХАРЧОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ .....	89
13.1. Загальні положення теми .....	89
13.2. Ієрархія визначення та розрахунків показників ефективності проведення хімічних реакцій у харчовій технології .....	89
13.3. Контрольні задачі .....	91
13.4. Ієрархія кінетичних розрахунків хімічних реакцій .....	95
13.5. Контрольні задачі .....	98
13.6. Умовні позначення для проведення розрахунків .....	99
Глава 14. СИСТЕМИ ТЕСТІВ З ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ ВИРОБНИЦТВА КРОХМАЛЮ .....	100
Глава 15. СИСТЕМИ ТЕСТІВ З ЗАГАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ ВИРОБНИЦТВА МОДИФІКОВАНИХ КРОХМАЛІВ .....	102
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	104
ЗМІСТ .....	106